

Jarmo Viertokangas

Pientalojen energiatehokas led-valaistus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkövoimatekniikka

Insinöörityö

29.4.2016

Tekijä(t) Otsikko	Jarmo Viertokangas Pientalojen energiatehokas led-valaistus
Sivumäärä Aika	32 sivua + 14 liitettä 29.4.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja(t)	Vesa Sippola, Lehtori
<p>Tässä insinöörityössä on tehty tutkimus siitä, miten perinteisen valaistuksen muuttaminen led- valaistukseksi vaikuttaa pientaloenergian kulutukseen- Lisäksi on esimerkkikohteen valaistus- ja sähkösuunnitelma, jossa valaistus on toteutettu energiatehokkaalla led -valaistuksella. Tämä työ on tehty Veikkolan Sähköpalvelu Ky:lle selvitykseksi ja oppaaksi energiatehokkaasta valaistuksesta.</p> <p>Työssä käydään läpi yleisesti erilaisia led -valaistuksen eri vaihtoehtoja pientaloihin sekä mitä mahdollisuuksia led -teknologia antaa nyt ja tulevaisuudessa valaistuksen suunnitteluun. Työssä lasketaan kahdenkymmenen pientalokohteen valaistusten energiakulutus perinteisellä tekniikalla sekä verrattu sitä valaistukseen joka on muutettu led -valaistukseksi. Lisäksi arvioidaan, millaisia kustannusvaikutuksia muutoksella on pientalokohteisiin.</p> <p>Työssä käydään myös läpi esimerkkikohteen valaistuksen suunnitelma huonekohtaisesti ja piha-alueen osalta. Valaistusta arvioidaan piha-alueilla sekä kiinteistön sisällä olevan korkean tilan kohdalla Dialux -valaistuskalkulaattorilla. Lopuksi esitetään laskelma, kuinka paljon energiaa kuluu esimerkkikohteen valaistukseen.</p> <p>Lopputulos tutkimuksessa on se, että nykyaikainen led-valaistus on energiatehokas ja säästää energiaa. joten myös perinteinen valaistus kannattaa vaihtaa nykyaikaiseksi led-valaistukseksi. Lopputuloksena on myös esimerkkisuunnitelma energiatehokkaasta valaistuksesta pientalossa.</p>	
Avainsanat	Led, energiatehokkuus, valaistussuunnitelma. sähkösuunnitelma

Author(s) Title	Jarmo Viertokangas Energy Efficient Led -Lighting in One-Family Houses
Number of Pages Date	32 pages + 14 appendices 29 April 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical engineering
Specialisation option	Electric power engineering
Instructor(s)	Vesa Sippola, Senior Lecturer
<p>This thesis concerns how traditional lighting can be changed to new kind of led-lighting and how this change affects one-family houses' and villas' energy consumption. Also this thesis gives an example, how modern and energy efficient one-family house can be designed. The electrical wiring plan and lighting plan are implemented with energy saving led-lighting. This thesis was made for Veikkolan Sähköpalvelu. The company uses this information as help in energy efficient lighting.</p> <p>This thesis goes through many kind of led lighting choices for one-family house lighting design and installations. Also, possibilities led-technology gives now and in future are explained. Twenty one-family houses' lighting energy consumption was calculated and compared to lighting implemented with new led-lighting. Also the cost effect, if lighting will change from traditional to led-lighting in one-family houses, is evaluated.</p> <p>Lighting plan for all rooms and surrounding area is given for an example case. Lighting was evaluated in the surrounding area and high room in inside the building with Dialux - lighting calculating program. Finally, how much energy the example case lighting uses, is calculated.</p> <p>The conclusion of this study is, that modern led-lighting is cost efficient and saves energy. Therefore traditional lighting can be changed to modern led-lighting. Another result is an example electric plan to a one-family house, which illustrates cost efficient lighting in one-family house.</p>	
Keywords	Led, energy efficiency, lighting plan, electrical plan.

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Energiatehokas valaistus	2
2.1	Led-valaistus	3
2.2	Oled-valaistus	4
3	Led-teknologia pientaloissa	5
4	Led-valaistuksen vaikutus pientaloissa	8
5	Esimerkkikohte	14
5.1	Esittely	14
5.2	Suunnittelu	15
5.3	Valaistuksen energiatehokkuus	25
6	Yhteenveto ja pohdintaa	26
7	Loppusanat	29
	Lähteet	31

Liitteet

Liite 1.	Esimerkkikohteen korkeantilan valaistus
Liite 2.	Esimerkkikohteen pihapiirin valaistus
Liite 3.	Esimerkkikohteen asemapiirustus
Liite 4.	Esimerkkikohteen tasopiirustus – kellarikerros
Liite 5.	Esimerkkikohteen tasopiirustus – 1. kerros
Liite 6.	Esimerkkikohteen tasopiirustus – talousrakennus
Liite 7.	Esimerkkikohteen maadoituskaavio
Liite 8.	Esimerkkikohteen pääkeskuskaavio
Liite 9.	Esimerkkikohteen ryhmäkeskuskaavio
Liite 10.	Esimerkkikohteen valaistuksen ohjauskaavio
Liite 11.	Esimerkkikohteen valaisinluettelo
Liite 12.	Esimerkkikohteen antennikaavio

Liite 13. Esimerkkikohteen yleiskaapelointikaavio

Liite 14. Esimerkkikohteen paloilmointikaavio

Lyhenteet

RGB	(Red, Green, Blue) Väritila, jossa sekoitetaan keskenään kolmea pääväriä: punaista, vihreää ja sinistä. Värien suhde määrää lopullisen värin.
RGBW	Esimerkiksi yksi ledi jossa on punainen, vihreä, sininen ja lämmin valkoinen värisävy. Jalostettu RGB-väritilasta.
LED	(Light-Emitting Diode) Hohtodiodi joka on puolijohdekomponentti, joka säteilee valoa, kun sen läpi johdetaan sähkövirtaa. Ledien valmistusmateriaali määrittelee ledien tuottaman valon värin.
OLED	(Organic Light-Emitting Diode) Hohtodiodi, jonka elektroluminenssikerroso on korvattu kalvolla, jossa on orgaanisia yhdisteitä. Näistä ledeistä voidaan tehdä joustavia ja erittäin ohuita valaisimia.
LED-moduuli	Komponentti, jossa on yksi tai useampi ledi. Käytetään valaisimissa lampujen tapaan, jolloin vaihdetaan pelkkä valonlähde.
UV	Ultraviolettivalo, joka on normaalisti näkymätöntä sähkömagneettista säteilyä, jota jotkin valaisimet tuottavat sivutuotteena. Haitallista suurina määrinä.
lm	Luumen. SI-järjestelmän mukainen valovirran yksikkö. Käytetään lampujen ja valaisimien valovirran määrittämisessä.
K	Kelvin. SI-järjestelmän mukainen lämpötilan mittayksikkö. Käytetään valaistustekniikassa valon eri lämpötilan esittämisessä.
3D	Kolmiulotteisuus. Käytetään tietomallipohjaisessa suunnittelussa havainnollistamassa tiloja.

1 Johdanto

Tässä insinööriyössä perehdytään pienkiinteistön energiatehokkaaseen valaistukseen sekä sen toteuttamiseen pienkiinteistössä. Lisäksi tässä työssä verrataan led-tekniologialla toteutettavaa valaistusta perinteisellä tavalla toteutettuun valaistukseen, joka on toteutettu hehkulampuilla ja loistevalaisimilla.

Tämä työ on tehty Veikkolan Sähköpalvelu Ky:lle asiakkaan toimeksiantona. Työssä verrattiin perinteisesti toteutettuja valaistuksia led-tekniologialla toteutettuihin valaistustapoihin sekä laskettiin energiankulutuksia ja -säästöjä kohteissa. Työssä tutkittiin myös investoinnin takaisinmaksuaika, mikäli vanhat valaisimet vaihdettaisiin energiaa säästäviin led-valaisimiin. Laskenta on suoritettu keskiarvona, otanta on 20 erikokoista pienkiinteistöä. Lisäksi toteutettiin asiakkaan tilaaman pientalokohteen sähkösuunnittelun esimerkkikohteena, jossa käytettiin energiatehokkaita moderneja led-valaisimia.

Tämän työn tarkoituksen on myös olla tarvittaessa hyödyksi, mikäli halutaan verrata kustannuksia ja energiankulutusta, kun vanhaa valaistusta lähdetään muuttamaan uudenlaiseksi led-valaistukseksi. Lisäksi on toteutettu esimerkkitilana asiakkaan tilaama sähkösuunnittelu pientalokohteeseen, jossa käytettiin energiatehokkaita moderneja led-valaisimia. Tässä on hyvä esimerkki hyvästä led-valaistuksesta pientaloihin. Ratkaistessa ongelmallisia tiloja kuten esimerkissä oleva korkean tilan valaistus on tilasta esitetty 3D-havannekuva kuten myös ulkoalueista. Näin voidaan tarvittaessa näyttää asiakkaalle konkreettisesti, miltä valaistus tulee näyttämään sekä tekemään tekniset valaistuslaskennat. Esimerkkikohte on todellinen suunnitelma pientalosta, joka toteutetaan Evitskogin kylään Kirkkonummelle.

Esimerkkisuunnitelmassa käydään läpi myös joitakin valaisinvaihtoehtoja. Valaisimet ovat pääsääntöisesti sellaisia, jotka ovat yleisesti markkinoilla. Mukana on joitain erikoisvalaisimia, joissa on led-moduuli tai kokonaan integroitu valonlähde. Tämän kohteen valaistus- ja sähkösuunnitelma kokonaisuudessaan kuuluu tähän insinööriyöhön. Esimerkkisuunnitelma on hyvä lähtökohta, kun halutaan suunnitella energiatehokas valaistus.

2 Energiatehokas valaistus

Ledejä on käytetty erilaisissa käyttökohteissa jo yli 30 vuoden ajan: teollisuusjärjestelmissä, hifi-laitteistoissa, auton valoissa ja mainonnassa. Ledin tekninen kehitys jatkuu edelleen. Viime vuosien aikana valkoisten ledien valotehokkuus on kasvanut hämmästyttävään 130 lumen per watti -arvoon ja ylikin. Elektroluminesenssi-ilmiö itsessään havaittiin jo yli 100 vuotta sitten. Led-teknologia on kehittynyt viime vuosina valtavaa vauhtia eteenpäin, erityisesti yleisvalaistussektorilla. Ledeillä on lukuisia hyödyllisiä ominaisuuksia perinteisiin valaistusteknologioihin verrattuna: Ne ovat pieniä, kompakteja, hyvin pitkäikäisiä ja niitä voidaan käyttää erittäin monipuolisesti. Lisäksi niiden värintoisto ylittää hyvältä erinomaiseen. led-valaisimia voidaan tehdä kahdella eri tekniikalla. Käyttämällä uutta valkoista lediä tai sitten yksinkertaisesti yhdistämällä punainen, vihreä ja sininen ledi. Saadaan RGB-muotoista valoa, jolla saadaan jäljiteltä esimerkiksi tulen loimua. Ledien avulla saadaan toteutettua dynaamista valaistusta, jossa valaisimien valoteho ja värisävy muuttuvat olosuhteiden mukaan.

Led-valaistus koostuu led-lampuista, led-moduuleista, led-valaisimista ja led-liitäntälaitteista. Led-lamput ovat lamppuja, jotka voidaan pääsääntöisesti vaihtaa vanhojen lamppujen tilalle, koska ne on valmistettu korvaamaan vanhanmallisia hehku-, halogeeni- ja loistelamppuja. led-moduulit koostuvat yhdestä tai useammasta ledistä jotka on asennettu listaan, taipuisaan tai jäykkään levyyn. Näitä levyjä voidaan valmistaa erilaisilla geometrisillä muodoilla. Hyvänä esimerkkinä on esimerkiksi led-nauhat. Led-valaisin on valaisin, johon on integroitu valonlähteeksi yksi tai useampi led-komponentti sekä kaikki elektroniikka, saadaan valaisin toimimaan. Laadukkaissa led-valaisimissa led-valaisin on tehty sellaiseksi, että mikäli ledit tai elektroniikka rikkoutuu, ei osia voi erikseen vaihtaa vaan on vaihdettava koko valaisin. Lisäksi led-valaisimissa on liitäntälaitteet, jotka eivät itsessään ole valaisimia vaan yksiköitä, joita käytetään ohjaamaan ledejä sekä muuttamaan sähkö ledeille sopiviksi. Kaikkia voidaan valmistaa eritehoisilla ledeillä. Led-lamput, jotka voidaan asentaa perinteisten hehkulamppujen tilalle, koko on rajoitettu, koska niiden on sovittava vanhoihin valaisimiin eivätkä niiden ulkomuodot saa poiketa oleellisesti vanhemman mallisista lampuista. Sen vuoksi tällaisten led-lamppujen teho on rajoittunut.

2.1 Led-valaistus

Energian kuluttajahintojen kohoaminen on aiheuttanut sen, että yhä useampi ihminen on alkanut ajattelevaan, miten voisi säästää energian ja sähkön kulutuksessa. Helpoin tapa tähän on se, että mietitään tapaa jolla valaistus voitaisiin toteuttaa. NykYTEknologia mahdollistaa koko ajan kehittyvien led-valaisimien ja lamppujen käytön valaistuksessa. Merkittävä osa pienkiinteistöjen sähkönkulutuksesta Suomessa aiheutuu valaistuksesta jo pelkästään sijaintimme puolesta. Suomen maantieteellisen koon vuoksi ulkovalaistuksen päälläoloaika koko vuoden ajan jaksolla on hyvin erilainen, pohjoisempaan tarkastellaan valaistusaikaa, kun ohjaus toimii hämäräkytkimellä. Viimeisimmässä tutkimuksessa (lähde 1) uusissa kiinteistöissä valaistuksen sähkönkulutus on noin 8 %, vielä vuonna 2006 se oli 14 % . valaistuksen energiankulutus on pienentynyt koko ajan lamppujen ja valaisimien energiatehokkuuden kehittymisen myötä. Samasta syystä led-teknologia kehittyy koko ajan tuoden uusia valaistusratkaisuja. Tässä insinööritYössä tarkastellaan, miten tämän päivän led-teknologia on vaikuttanut valaistuksen energiatehokkuuteen.

Nykyään uusissa kiinteistöissä käytetään pääsääntöisesti led- ja loistevalaisimia sekä erityiskohteissa, joissa vaaditaan suurempaa säätötarkkuutta halogeenivalaisimia. Halogeenivalaisimien käyttäminen ei pidemmällä käytöllä ole kovin taloudellista niiden hukkälämmön ja lyhytikäisyyden vuoksi. Myös verkkojännitteisiä halogeenilamppuja ja -valaisimia ei ole syytä käyttää uusia kohteita suunniteltaessa, koska energiatehokkuusvaatimusten kiristYessä verkkojännitteisten halogeenikohdelamppujen markkinoille saattaminen kielletään 1.9.2016 ja ympärisäteilevien halogeeni -lamppujen osalta 1.9.2018.

Suosittelavaa on, että pyrittäisiin käyttämään led-lamppuja ja -valaisimia kohteiden ja kiinteistöjen valaisemiseen sisä- ja ulkotiloissa. Led -valaisimilla voidaan toteuttaa arkkitehtonisesti pieniä ja huomaamattomia valaisimia. Ainoa ongelma näissä valaisimissa on niiden tarvitsema ohjain sekä muuntaja, joka on huomattavasti itse lediä suurempi. Sama ongelma tulee esiin, mikäli led-valaisin vaurioituu. Tällöin koko valaisin on vaihdettava. Tällä hetkellä ei ole kunnollista standardia, jolla määriteltäisiin samanlaiset yleisittovat tavat liittää led-moduulit valaisimiin kuin millaiset ovat olleet muun muassa hehkulampuilla. Valaisimille on annettu useita direktiivejä ja määräyksiä, jotka käsittelevät valaisimien rakentamista ja käyttöä. Valitettavasti vieläkin tällä hetkellä led-valaisimien yleistymistä rajoittaa hinta, sillä muilla lampuilla varustetut valaisimet ovat edelleen edullisempia.

2.2 Oled-valaistus

Tulevaisuudessa myös oled-valaisimet tulevat yleistymään, koska ne antavat valaistus-suunnittelussa lisää toiminta vapauksia muun muassa läpinäkyvien tai taipuisien pintojen käyttämistä valaisimina esimerkkinä ikkunat. Oled-valaisimet ovat kovan kehitystyön alla ja valmistajilla on jo olemassa erilaisia tapoja toteuttaa ja käyttää oled-valaisimia. Kuvissa on esimerkkejä oled-valaisimista (lähde 4)



Kuva 1. Oled-valaisimia

Oled-valaisimet antavat valaistussuunnittelijalle lähes rajattomat mahdollisuudet toteuttaa kohteiden valaistuksia sekä luoda sisustuksellisia yksityiskohteita ja pintoja, joiden valaistusvoimakkuus määräytyy ympäröivän valon voimasta, läsnäolosta ja liikkeestä. Markkinoilla on jo tällaisia ratkaisuja. Muun muassa Philips (lähde 5) on luonut tällaisia pintoja.



Kuva 2. OLED-paneeliseinä

Kuluttajamarkkinoille tällaisia ratkaisuja ei vielä ole tulossa niiden hinnakkuuden vuoksi, mutta tulevaisuudessa tulevat varmasti yleistymään. Seuraavassa kuvassa on esimerkki oled-paneelien käyttökelpoisuudesta. Paneelit ovat 0,7 mm paksuja.



Kuva 3. OLED-paneelikatto

Oled-valaisimien hyvä puoli teknisesti on siinä, että niistä ei aiheudu häikäisyä. Oled-valaisin on pintavalolähde, jossa ne eivät tuota samalla tavalla lämpöä kuin muut valolähteet. Ne eivät myöskään tuota UV-säteilyä samalla tavalla (lähde 15). Tässä insinöörityössä ei käydä aihetta lähemmin lävitse, sillä tässä keskitytään ainoastaan tällä hetkellä markkinoilla oleviin led-lamppuihin ja -valaisimiin. On kuitenkin huomioitava se, että tulossa on uudenlaista teknologiaa kehittyvien ledin rinnalle.

3 Led-teknologia pientaloissa

Pientaloissa led-valaistusta käytetään hyvin paljon erilaisissa tilojen valaistuksessa yleisvaloina ja kohdevaloina. Myös erilaiset korostusvalaistukset ja led-nauhavalaisimet ovat yleistymässä nopeasti. Varsinkin led-nauhojen eri käyttökohteita on lähes rajattomasti. Niiden avulla voidaan valaista kulkureittejä ja portaikkoja, keittiön työtasoja, korostaa arkkitehtonisia ratkaisuja sekä viedä valoa ahtaisiin paikkoihin, joihin ei normaalisti voi asentaa muita valaisimia. Kuitenkin on huomioitavaa, että monet käyttäjät haluavat valaisimiin himmennystoimintoja. Tällöin on huomioitavaa, että läheskään kaikki led-lamput ja valaisimet eivät sovellu tällaiseen käyttöön. Led-lamppujen ja -valaisimien hyvänä

puolena on myös niiden pitkäikäisyys muihin valonlähteisiin verrattuna. Jos led-lamppujen kestoikä on 15000 – 20000 tuntia, on se halogeenilampuilla 2000 - 5000 tuntia sekä energiasäästö- ja loistelampuilla 10000 – 20000 tuntia riippuen mallista ja valmistajasta. Energiasäästö- ja loistelamppujen käyttöikää laskee huomattavasti käyttöympäristö ja päällekytkentöjen määrä. Jos ulkovalaistukseen hankitaan energiasäästä tai loistelamppu pitää huomioida pakkasenkestävyys. Myös huomioitavaa on se, että ulkovalaistuksessa energiasäästölampujen ja loistelamppujen valoteho laskee pakkasella voimakkaasti eli mitä suurempi pakkas sen sitä pienempi valoteho. Kuitenkin on saatavilla loistelamppuja, jotka on tarkoitettu pakkasenkestäviksi. Loistelamppuja on käytössä jonkin verran muun muassa katuvalaistuksessa. Toisaalta led-lamppujen valotehoa ja kestävyyttä laskee ympäristö ja kuumat olosuhteet.

Vanhoja hehkulamppuvalaisimia on hyvin yksinkertaista ja nopeaa muuttaa led-valaisimiksi vaihtamalla led-lamppu vanhan hehkulampun tilalle. Jo tällä ratkaisulla saadaan huomattavia energiasäästöjä kotitalouksissa. Edellä on mainittu tilanne, jossa käyttäjä haluaa himmentää valolähdettä. Näissä tapauksissa vaaditaan led-lampuilta himmennysominaisuus, jota ei läheskään kaikissa tuotteissa ole. Vaihdettaessa valonlähteitä vanhoihin valaisimiin saattaa käydä niin, että olemassa olevia valaistuksen himmentimiä joudutaan vaihtamaan led-lampuille yhteensopiviksi.

Led-tekniikan kehittyessä tulee pientaloihin lisää valinnan vapauksia valaistuksen suunnittelussa. Tulevaisuudessa valaistus tulee muuttumaan entistä enemmän osaksi sisustamista, valaisimet tulevat integroitumaan osaksi huonekaluja, tauluja ja jopa käytösesineitä myöten. Hyvin suunniteltu valaistus pientaloissa säästää huomattavia määriä energiaa ja tekee kotiympäristöstä miellyttävän ja turvallisen paikan elää ja asua. Asunnoissa, joissa asuu lapsiperheitä, vanhuksia tai heikkonäköisiä, on erityisvaatimuksia valaistuksen suhteen. Kaikilla ryhmillä on omat erityisvaatimukset. Valaistuksen pitää jo yleisesti ottaen olla sellaista, että se ei aiheuta suuria kontrastieroja kulkureiteille. Portaiden valaiseminen on erittäin tärkeää, esimerkiksi led-nauhoista voidaan tehdä jokaiseen porrasaskelmaan omat valopisteet tai seiniin pieniä valaisimia kohdentaen valo suoraan porrasaskelmiin, jolloin muu ympäristö pysyy hämäränä. Näin toteutettuna saadaan miellyttävä yövalaistus, ei häiritse ympäristöä.

Myös kattojen tekeminen valaisinpinnaksi tulee yleistymään. Tässä tapauksessa katoissa ei ole erillisiä valaisimia vaan katto muodostuu suurista valaisinelementeistä, jotka voivat olla kuinka suuria tahansa. Tällöin koko taso tuottaa tasaista valoa eikä näkyvissä

ole juurikaan rajoja. Tällaisessa tilanteessa missä koko kattopinta on yhtenäistä valoa jakavaa pintaa. Suurena riskinä on se, että mikäli valonlähteitä rikkoutuu, voidaan joutua uusimaan koko kattopinta. Suositeltavaa on se, että pinta jaetaan alueisiin, jolloin vaihdetaan vain tietyn rikkoutuneen alueen valaisinelementti. Totta kai tällaisen pinnan tekeminen valaisimeksi voidaan yhtä lailla tehdä myös seinälle ja lattialle.

Hyvä innovaatio on tuoda uudelleen esiin myös vanhastaan käytössä olevat ikkunoiden verhokoteloissa olevat loistevalaisimet, joita asennetaan nykyisin vähän. Led-nauhan saa integroitua verhotankoihin ja kiskoihin niin, että valo suuntautuu epäsuorana katon kautta ympäristöön. Myös hyllyjen ja tasojen alareunat voidaan valaista helposti led-nauhan avulla valaista tai nauha voidaan asentaa hyllyjen takaosaan jolloin valo tuo esiin hyllyllä olevia esineitä jolloin ne korostuvat. Tätä voidaan tehostaa myös edestä tulevalta kohdevalolla. Myös häikäisyä voidaan estää esimerkiksi asentamalla led -nauhaa television tai näyttöpäätteen taustalle, jolloin silmät eivät rasitu niin helposti. Tällöin silmiin ei kohdistu suoraan voimakasta valoa.

Saunojen valaistuksessa ja muissa kohteissa, joissa käytetään valokuituja valon siirtämiseen. Esimerkkinä on muun muassa ns. tähtitaivaat, jotka luodaan valoprojektorin ja kuitujen avulla kattoon. Led-valolähde antaa mahdollisuuden muuttaa valon väriä RGB-sävyinä. Näin voidaan luoda ja jäljitellä esimerkiksi revontulien värisävyjä tai saada katossa oleva tähtitaivas välkkymään. Voidaan myös luoda valaisimilla tilanne, joka jäljittelee esimerkiksi tulen loimua tai revontulia. On ainoastaan innovaatioista kiinni, mihin led-tekniikkaa voidaan sijoittaa ja tätä juuri edesauttaa ledien pieni koko. Ainoastaan rajoittava tekijä innovaatioissa on tehdä tarpeeksi pieni virtalähde ja ohjainyksikkö valaisinelementteihin.

Tietysti valon värilämpötilan kanssa pitää olla erityisen tarkkana ja varovainen sillä kotitalouksissa on kuitenkin toivottavaa, että valon värisävy olisi lämmintä, näin se olisi miellyttävämpää silmille. Toki tämä on monen henkilön oma makuasia, koska omien kokemusten myötä sekä asiakkailta saatujen palautteiden mukaan eri värilämpötiloissa värien toisto mielletään hyvin eri tavoin.

4 Led-valaistuksen vaikutus pientaloissa

Valaistuksen muuttaminen perinteisestä hehku- ja halogeenivalaistuksesta led-valaistukseksi on yleisesti ottaen helppoa ja yksinkertaista. Ainoa käytännön ongelmakohta muutoksessa on himmentimien käyttö. Toki joitain erikoiskannoilla olevista led-lampuista ei löydy vastaavia jotka korvaisivat täysin halogeenilamput. Läheskään kaikki led-lamput tai valaisimet eivät sovellu himmennykseen tai himmennyskohteissa on käytettävä tiettyä led-lampulle soveltuvaa himmennintä. Ongelmia saattaa esiintyä myös yhteensopivuudessa. Saattaa olla niin, että himmennettävä led-lamppu tai valaisin ei sovellu jonkin tietyn valmistajan himmentimille laisinkaan tai päinvastoin. Tyristori säätimillä ohjattavilla led-lampuilla himmennysalue on usein hyvin pieni, kun taas liitäntälaitteilla valaisimilla päästään huomattavasti parempiin tuloksiin. Tällöin liitäntälaitteiden on oltava yhteensopivia säätimien kanssa.

Led-valaistuksen muutoksen vaikutusta on tässä insinööriyössä laskettu niin, että on käytetty verrokkina kaksikymmentä pientaloa, jotka ovat tyypillisen kokoisia peruspientaloja. Pientalojen tyypillisimpiä valaisimia ja lamppeja ovat olleet näissä kohteissa normaaleja hehkulamppuja, T8-tyyppisiä hehkulamppuja sekä 12V:n ja 230V:n halogeenilamppuja. Pientalokohteet on valikoitu niin, että niissä ei ole ollut yhtään led-lamppua tai valaisinta. Eli kyseessä on hyvin tyypillisiä pientaloja, joissa on sekavalaistusta ja joihin on asennettu kaikkia lampputyyppejä. Syy miksi erityisesti päädyin sekavalaistustaloihin, on se, että näin pystytään simuloimaan hyvin tyypillinen valaistus, jollaisia suunniteltiin ja asennettiin ennen led-lamppuja. Tällöin kaikissa pientaloissa oli vähintään kahdenlaisia valolähteitä. Aiemmin valaistussuunnittelussa on ollut lähtökohtana se, että hehkulampuilla luotiin yleisvaloa sekä mahdollisesti voitiin myös kohdentaa valoa. Loisteputkivalaisimet taas suunniteltiin paikkoihin, jossa tarvittiin erityistä valon kirkkautta muun muassa keittiön tasojen alle, peilivaloiksi, työtilojen valaistukseen ym. Loisteputket oli nimenomaan parhaimmillaan silloin, kun valolähde oli päällä pitempiä jaksoja kerrallaan.

Riippuvalaisimissa käytettiin pelkästään hehkulamppuja. Kiinteissä valaisimissa oli käytössä hehkulamppuja ja loistelamppuja. Pääsääntöisesti kaikki työpistevalaisimet sekä pelikaappien valaisimet olivat loistevalaisimia. Halogeenilamppuja oli kohde- ja spottivalaisimissa. Muut valaisin- ja lampputyypit oli rajattu tästä tutkimuksesta pois, koska niiden käyttö oli hyvin marginaalista.

Näiden kohteiden valaistustehot on laskettu ensin käyttäen hehku-, halogeeni- ja loistevalaisimia. Jokaiselle pientalolle on laskettu valaistuksen kokonaisteho ja muutettu W/m^2 -suhteeksi. Suhde on laskettu myös sen takia, että näin voidaan verrata eri kokoisten pientalojen valaistustehojen samankaltaisuutta. Näistä saadaan laskettua keskiarvo, joka vastaa tyypillisen pientalojen rakennuskannan kuluttumaa valaistustehojen keskiarvoa.

Tämän jälkeen valaistukset muutetaan led-lampuiksi ja -valaisimiksi käyttäen vastaavia valotehokkuuksia. Lopuksi lasketaan samat kokonaistehot ja teho-kokonaisalasuhdet. Näin päästään vertaamaan ja arvioimaan, millainen on tämänhetkinen vaikutus valaistuksen muuttamisessa vanhemmasta valaistuksesta led-valaistukseksi. Samoin voidaan laskea ja päätellä, millainen kustannus pientaloihin keskimääräisesti vaikuttaa, mikäli muutos toteutetaan. Kummassakin tapauksessa on valaistus ajateltu niin, että käytetään valaistuksen ottamaa huipputehoa. Molemmissa vertailulaskelmissa ei ole käytetty himennyksen vaikutusta. Tietysti voidaan ajatella, että keskimäärin pientaloissa on kerrallaan maksimissaan 50 % valaisimista päällä samanaikaisesti 5 tuntia vuorokaudessa. Tosin tässä on suuria poikkeavuuksia riippuen, kuinka tarkkoja asukkaat ovat energian säästössään. Kumminkin laskennat on tehty niin, että on käytetty myös edellä mainittuja 50 % valaistustehoa ja 5 tunnin päällä oloaikaa. Käytetty keskimääräinen kokonaispinta-ala tässä tutkimuksessa on $190,4 m^2$.

Taulukossa 1 on esitettyä tutkimuksessa käytettyjen kohteiden kokonaisalat, joissa on valaistus sekä tehokalkulat, missä on laskettu valaistuksen käyttämät kokonaistehot sekä W/m^2 -suhde alkuperäisellä valaistuksella ja uusitulla led-valaistuksella sekä laskettu vuosittainen energiamäärä kWh/a. Tästä voidaan jo selvästi huomata, että valaistustavan muutos vaikuttaa erittäin voimakkaasti kokonaistehoon sekä vuosittaiseen energian kulutukseen.

Esimerkkinä voidaan ottaa tarkasteluun kohde, joka oli lähimpänä keskimääräistä W/m^2 -suhdetta. Esimerkiksi pientalossa, jossa oli kokonaisala $223,50 m^2$ ja jota voidaan pitää jo suhteellisen kookkaana omakotitalona, käytettiin 44 kpl 60 W:n hehkuvalaisimia, 4 kpl 40 W hehkuvalaisimia. Halogeenilamppeja oli käytössä seuraavasti; 12V:n lamppeja, 5 kpl 50 W lamppeja ja 16 kpl 25 W halogeenilamppeja sekä saunassa kuituvalon halogeenilampullinen valonlähde. Loistevalaisimia oli WC-tiloissa sekä keittiössä seuraavasti; 3 kpl 18 W loistevalaisimia ja 3 kpl 58 W loistevalaisimia. Loistevalaisimet olivat T8-kantaisia vanhan mallisia lamppeja. Pientalo oli hyvin tyypillinen kiinteistö, jossa oli

sekavalaistus, jollaisia lähes kaikki omakotitalot keskimääräisesti ovat. Tutkimuksessa pyrin valitsemaan vastaavan led-lampun siten, että se vastasi mahdollisimman tarkasti alkuperäisen valolähteen valovirtaa. Näin pyrittiin pitämään valon määrä mahdollisimman tarkasti samalla tasolla. Samalla tavalla led-lamput valikoitiin valaisimiin siten, että led-lamput kävivät suoraan vanhoihin valaisimiin tai niihin tarvitsi tehdä hyvin pieniä muutoksia.

Taulukko 1. Tutkimuksen kohteena olleiden pientalojen teholaskelmat

KOKONAISALA (m ²)	TEHHOLASKELMAT			
	Alkuperäinen valaistus		Uusittu valaistus	
	Kokokonais teho (W)	Teho W/m ²	Kokokonais teho (W)	Teho W/m ²
165,50	2750,00	16,62	426,00	2,57
165,50	2610,00	15,77	454,00	2,74
132,00	3161,00	23,95	638,90	4,84
191,00	3180,00	16,65	558,80	2,93
193,00	2975,00	15,41	511,80	2,65
114,00	1612,00	14,14	248,20	2,18
144,00	1609,00	11,17	290,00	2,01
119,00	2420,00	20,34	442,00	3,71
126,00	2212,00	17,56	339,60	2,70
268,40	4522,00	16,85	959,30	3,57
214,00	3451,00	16,13	552,10	2,58
174,00	2571,00	14,78	457,00	2,63
185,00	2078,00	11,23	459,70	2,48
223,50	3728,00	16,68	608,20	2,72
245,00	2881,00	11,76	603,00	2,46
196,00	3106,00	15,85	825,70	4,21
251,00	4820,00	19,20	1040,10	4,14
345,00	5763,00	16,70	1262,40	3,66
145,00	1437,00	9,91	239,20	1,65
211,00	3115,00	14,76	679,00	3,22
keskiarvo: 190,40	3000,05	15,77	579,75	2,98
Keskiarvo kWh/a	2737,55	14,39	529,02	2,72

Taulukossa 2 on esitetty eri led-lamppujen tämän hetkiset valovoimakkuudet ja niiden vastaavuudet vanhoihin hehku-, halogeeni ja loistelamppujen tehoihin. Koska nykyään valovoimakkuus ilmoitetaan luumeneina, on lamppujen valoteho myös muutettu luumeineiksi. Valoteho on suoraan sähköverkosta otettu energiamäärä. Tähän tutkimukseen valikoiduissa pientaloissa on käytetty vanhan mallisia T8 -kannalla olevia loistevalaisimia

sekä halogeeni spotteja. Näin saatiin todenmukaisempi tutkimustulos ja se kattaa hyvin myös ajan ennen kuin led-lamppuja tuli markkinoille. Hehkulamput on ollut suunnittelun lähtökohtana muissa valaisimissa.

Keskimääräinen valaistuksen ottama energiamäärä tässä tutkimuksessa on vanhalla valaistustavalla noin 2738 kWh/a ja led-teknologialla 529 kWh/a. joka tarkoittaa vuodessa 80,7 % energian säästöä valaistuksessa vuoden aikana, mikäli vanhat valaisimet vaihdettaisiin tai muutettaisiin led-valaisimiksi. Voidaan todeta, että energiansäästö on huomattava ilman, että valaisimien käyttötapoja muuttaa merkittävästi.

Taulukko 2. Lamppujen valovoimakkuuksien ja tehojen vastaavuudet

Valotehot:		
	luumen	Teho/W
40W Hehkulamppu	470	40
60W hehkulamppu	800	60
25W Halogeenilamppu	340	25
50W halogeenilamppu	650	50
Loistelamppu T8 18W	1350	18
Loistelamppu T8 36W	3350	36
Loistelamppu T8 58W	5200	58
LED-lamppu 40 5W	470	5
LED-lamppu 60 8W	806	8
LED-lamppu G5.3 (12V) 35 5W	350	5
LED-lamppu G5.3 (12V) 50 8.5W	621	8,5
LED-lamppu G10 (230V) 35 3.5W	230	3,5
LED-lamppu G10 (230V) 50 5W	350	5
LED-lamppu G10 (230V) 65 6W	460	6
LED-putki (600mm)	1100	8,9
LED-putki(1200mm)	2300	18,4
LED-putki(1500mm)	3400	27
Lähde: osram.fi		

Tässä tutkimuksessa on laskettu myös valaistuksen osuudet kokonaiskulutuksesta ja vertailtu saatuja tuloksia aiempaan tutkimukseen. Laskennallisina vuosikulutuksina on käytetty Vattenfall Oy:n tekemää laskelmaa ja vertailua, joka perustuu 26.2.2013 julkaistuun tutkimusraporttiin kotitalouksien sähkökäytöstä 2011. Vattenfallin tekemästä taulukosta on laskettu suoraan pientalojen taloussähkön kulutus ilman pientalon sähkölämmitystä ja sähkölämmityksen kanssa. Sähkölämmityksen osalta lämmityksen ottama kokonaisteho muutettiin oman vertailuni mukaiseen kokonaispinta-alaan, koska Vattenfal-

lin vertailussa oli käytetty pienempää pientalon pinta-alaa. Taloussähkön osalta pientalon kokonaispinta-alan muutos ei vaikuta muuhun kuin LVI-laitteiden ja lämmityksen osalta. Vertailun vuoksi laskelmat on tehty ilman näitä kulutuksia sekä niiden kanssa. Laskennassa on käytetty seuraavia keskimääräisiä vuosikulutuksia; omakotitaloissa joissa on jokin muu lämmitystapa kuin sähkölämmitys 7433,33 kWh/a ja sähkölämmitteisissä omakotitaloissa 22962 kWh/a.

Taulukosta 3 huomataan, että omakotitaloissa, joissa oli jokin muu lämmitystapa kuin sähkölämmitys valaistuksen osuus oli noin 27 %. Kun valaistus muutetaan led-valaistukseksi, valaistuksen ottaman energian osuus on enää n. 6,6 %. Valaistuksen muutoksen vaikutus on n. 20,3 %. Vastaavasti omakotitaloissa joissa on sähkölämmitys, valaistuksen osuus otetusta kokonaisenergian määrästä on n.10,7 % vanhemmalla valaistuksella ja led-tekniikalla enää n. 2,3 %. Tästä voidaan huomata, että vaikutus on huomattava.

Taulukko 3. Valaistuksen prosenttiosuudet kokonaiskulutuksesta.

Prosenttiosuudet kokonaiskulutuksesta:		
Lämmitystapa	Vanha	LED
Omakotitalo ilman sähkölämmitystä	26,92	6,64
Omakotitalo jossa sähkölämmitys	10,65	2,25

Taulukko 4. Valaistuksen prosenttiosuudet taloussähkön kulutuksesta.

Prosenttiosuudet taloussähkön kulutuksesta:		
Lämmitystapa	Vanha	LED
Omakotitalo ilman sähkölämmitystä	37,06	10,21
Omakotitalo jossa sähkölämmitys	39,86	11,35

Vastaavasti tilanteessa, jossa prosenttiosuudet on laskettu taloussähköstä (taulukko 2) on edellä esitetyn taulukon mukaiset. Omakotitaloissa joissa on jokin muu lämmitystapa kuin sähkölämmitys vanhan mallisilla lampuilla valaistuksen ottaman energiamäärän suuruus koko taloussähköstä on n. 37,1 % kun taas led-tekniikalla olevilla lampuilla n.

10,2 %. Vastaavasti omakotitaloissa joissa on sähkölämmitys, valaistuksen osuus taloussähköstä vanhan mallisilla lampuilla on n. 40 % ja led-Lampuilla n. 11,4 %

Edellä mainittujen taulukoiden nojalla voidaan todeta, että mikäli valaisimet ja lamput vaihdetaan energiatehokkaaseen led-tekniikkaan, säästö on merkittävä. Jos vielä verrataan edelliseen tutkimukseen, jossa valaistuksen osuus led-tekniikalla on ollut 8 % voidaan todeta, että led-tekniikka on kehittynyt muutamassa vuodessa huimasti lisääntyneen valotehona ja energiansäästön osalta.

Voidaan ottaa esimerkki siitä, miten valaistuksen muuttaminen led -tekniikkaan vaikuttaa kustannuksiltaan pientaloihin. Sähkönkulutuksesta on laskennasta otettu tällä kertaa pois perusmaksun aiheuttama osuus, sillä se on vakiosuuruinen riippumatta siitä, kuinka paljon kulutetaan energiaa. Pientalokohteissa perusmaksu riippuu sähköliittymän pääsulakkeiden koosta. Otetaan esimerkkinä Fortum Oyj:n ja Caruna Oy 1.1.2016 vahvistamat hinnat yleistariffina. Fortumin myymän sähkön hinta on 5,53 c/kWh ja Carunan siirtomaksu on 3,98 c/kWh. Lisäksi tulee vielä myös valtioneuvoston vahvistama sähkövero, joka on 2,793 c/kWh. Seuraavassa taulukossa (taulukko 5) on esitetty valaistuksen aiheuttama keskimääräinen vuosikulutus ja sen vaikutus euromääräinen vaikutus.

Taulukko 5. Valaistustapojen keskimääräinen vuosikulutus.

Valaistustapa kWh/a		Sähkö €/a	
Vanha	LED	Vanha	LED
2737,55	529,02	330,50	63,87

Kuten huomataan, valaistuksen muutos vaikuttaa kulutukseen merkittävästi. Muutoksen vaikutus on suoranaisesti 80,7 %. Toki tähän vaikuttaa se, mikä on kuluttajien todellinen vaikutus energiansäästöön.

Tutkimuksessa kävi ilmi se, että käytännössä vanhojen lamppujen vaihtaminen uusiin led-lamppuihin maksaa itsensä noin 3–4 vuodessa takaisin. Tutkimuksessa käytin lamppujen hintoina todellisia hintoja. Tietysti on huomioitavaa se, että lampuissa on todella suuria hintaeroja eikä tarkkaa investointihintaa voi laskea muuten kuin jokaisessa tutkimuksen kohteessa olevassa kohteessa erikseen tapauskohtaisesti. Keskimäärin kaikkien lamppujen vaihto led-lampuiksi maksaisi 1133,61 euroa sisältäen alv 24 %. Investoinnin hinta ero kohteissa oli todella suuri. Halvimmillaan lamppujen vaihto maksaisi

noin 434 euroa ja kalleimmillaan jopa noin 2200 euroa sisältäen arvonlisäverot. Toki riippuu myös paljon siitä, miten ja kuinka kauan valoja pidetään vuorokaudessa päällä, erityisesti siitä, kuinka laadukkaita tai minkä hintaisilla lampuilla tai valaisimilla korvataan vanhat. Toki jos kokonaisia valaisimia uusitaan sellaisiksi, joissa on led-moduulit tällöin hintahaitari todella suuri. Joka tapauksessa suurta hyötyä tulee seuraavina vuosina, koska led-lamppujen käyttöikä alkaa olla tällä hetkellä jo suhteellisen pitkä. Jos ajatellaan, että esimerkiksi led-lampun käyttöikä on 15000 tuntia ja käyttö vuodessa on sama kuin tässä tutkimuksessa käytetty 5 tuntia vuorokaudessa eli 1825 tuntia vuodessa olisi lamppujen teoreettinen käyttöikä yli 8 vuotta. Käyttöikään vaikuttavat tietysti lamppujen ja valaisimien käyttöolosuhteet ja käytettyjen komponenttien laadukkuus. Helpoin tapa kuluttajille ja pientalojen omistajille on vaihtaa ainoastaan lamput, koska tällöin ei välttämättä tarvitse hankkia sähköasentajaa työhön.

5 Esimerkkikohte

5.1 Esittely

Esimerkkikohteena on kaksikerroksinen omakotitalo, jonka ylin kerros on asuintiloja ja alimmassa kellarikerroksessa sijaitsee harraste-, varasto- ja tekniset aputilat. Suunnittelussa on mukana myös talousrakennus, jossa sijaitsee autotalli, varastoja sekä WC. Tämän pientalon haasteellisin kohta on olohuoneen, ruokailutilan ja keittiön korkeus. Samalla haastetta tuo ulkoseinillä olevat ritilät, joita säilytetään ikkunan vieressä, mutta ke-sähelteellä ne voidaan vetää ikkunoiden eteen varjostamaan sisätiloja. Näin ulkoseinille ei voi sijoittaa normaalisti valaisimia. Kiinteistön ulkoalueet kuuluvat myös suunnittelun piiriin niiltä osin kuin ne ovat tiedossa. Ulkoalueissa keskitytään kulku- ja oleskelualueiden valaistukseen. Myöhemmin ulkoalueiden valaistus tarkentuu rakennusten valmistutua ja pihasuunnitteluvaiheessa. Sähkösuunnittelussa otetaan huomioon valaistuksen laajennusvara. Tämän insinöörityön liitteinä on kohteen sähkösuunnitelma kokonaisuudessaan, jotta suunnitelman kokonaisvaltainen katsominen onnistuu ja voidaan tarkastella kohdetta kokonaisuutena.

5.2 Suunnittelu

Suunnittelun lähtökohtana on led-lamppuihin ja valaisimiin pohjautuva energiatehokas valaistus. Tarkoituksena on suunnitella hinta-laatusuhteeltaan hyvä kokonaisvaltainen ratkaisu. Yleisissä tiloissa on tarkoitus käyttää tarvittaessa valaistuksen himmennystä ja ulkoalueilla käytetään valaistusohjausautomaatiikkaa. Tarkoitus on, että kohtiin joissa löytyy normaali valaisinripustuskansi, käytetään joko ripustettavaa valaisinta tai plafondi-valaisinta jossa led-lamppu tai led-moduuli. Kohdevalo ja spotti -valopisteisiin on tarkoitus käyttää led-valaisinta. Kaikkien valaisimien on tarkoitus olla sellaisia, että niiden valolähteet ovat helposti vaihdettavissa. Sisätiloista mallinsin olohuoneen, keittiön ja ruokailutilan alueen kolmiulotteisena Dialux-ohjelmaan valaistuslaskentaa ja arviointia varten sen haasteellisuuden vuoksi. Samoin piha-alue on mallinnettu kokonaisuudessaan kolmiulotteiseksi, jotta asiakas pystyi hahmottamaan piha-alueen valaistuksen.

Pääsääntöisesti tavoitteena on valaistus, joka ei häikäise, varjon muodostus on mahdollisimman vähäistä, on silmälle miellyttävää, energiatehokas ja lopuksi asiakaan toivomuksesta lämminsävyinen asuinympäristössä. Harraste- ja työtiloissa tärkeimpänä on pidetty hyvää ja tarpeeksi kirkasta valaistusta, jossa värien erottelukyky on parhaimmillaan. Etenkin autotallin valotehokkuuteen on keskitytty asiakkaan harrastuksen vuoksi.

Liitteissä 3-6, jotka ovat kohteen tasopiirustukset, on esitetty valaisimien sijoitukset sekä määrät. Valaisimien tarkkaan sijoitukseen vaikuttavat rakennusten rakenteet, jolloin valaisimien sijoitusta voidaan rakenteista johtuen siirtää hieman sivuun suunnitellusta paikasta. Tämä saattaa vaikuttaa valaistukseen, mutta muutos on hyvin minimaalinen eikä sillä ole juuri käytännössä minkäänlaista vaikutusta.

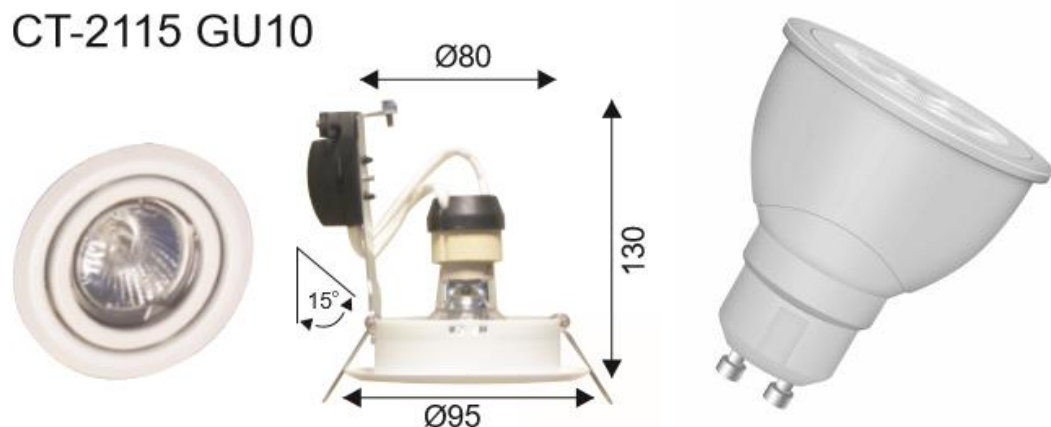
Olohuone, 31 m²

Olohuoneen kohdalla suunnittelun lähtökohtana oli se, että tila jaettiin ensin kahteen osaan. Toinen osa oli niin sanottu käytäväosuus ja toinen oli oleskelutila. Käytäväosuus jakautui kahteen erikorkuiseen osaan. Haasteena oli saada tasainen valaistus niin, että se olisi samanlaista kummassakin osassa. Tämä saatiin ratkaistua niin, että käytettiin eri tehoisia lamppeja matalassa ja korkeassa tilassa. Oleskelutilaan haluttiin ainoastaan yksi valopiste pöydän päälle. Siihen oli asiakkaalla valmis ratkaisu. He halusivat ehdottomasti käyttää ripustettavaa tai vastaavaa valaisinta. Toki tässä ratkaisussa ongelma

on valon tasaisuus, sillä vääjäämättä halutun valaistusalueen reuna-alueet ovat valaistustasoltaan pienempiä kuin keskusta. Tämä voidaan ratkaista esimerkiksi sisustuksellilla pöytä- tai jalkalampuilla.

Olohuoneeseen oleskelutilaan sijoitetaan asiakkaan valitsema riippuva valaisin jossa led-lamppu. Käytävän kohdalle sijoitetaan suunnattavat alasvalot katon kaltevuuden vuoksi. näin saadaan valo tulemaan suoraan alaspäin. Valaisimet ovat Artisan-Rinaldon C-T2115-malliset. Korkean osan lamput ovat Osram LED Star par16 -lamput, joiden teho on 6 W ja valovirta 460 lm värilämpötilan ollessa 2700 K ja lukumäärä on 4 kappaletta. Matalaan osaan edellä mainitut samanlaiset valaisimet ja lamput muuten samat mutta 5 W tehoisina valovirran ollessa 350 lm ja värilämpötila 2700 K ja lukumäärä on 2 kappaletta.

Olohuoneen pöydän päälle asennetaan valaisinripustuskansi ja siihen laitettu esimerkkinä ripustettava valaisin havainnollistamaan kokonaisvalaistusta. Valaimelle on annettu ohjeellinen suositusarvo, jolla saadaan tarvittava valaistus luotua olohuoneen istuinryhmään. Suosituksena on 8 W teho ja 806 lm valovirta.



Kuva 4. CT-2115-alasvalo ja LEDStar par16-lamppu

Keittiö ja ruokailutila, 27 m²

Myös keittiö ja ruokailutila jaettiin kahteen eri osaan. Näin saatiin kaksi erilaista valaistusolosuhdetta. Keittiössä tärkeintä oli saada hyvä yleisvalaistus ja työtasojen piti olla hyvin valaistut sekä väritoistokyvyn piti olla laadukas. Keittiön yläkaapiston alle ei ollut

oikeastaan muuta vaihtoehtoa kuin led-nauha, koska siellä valaisimen piti olla huomattoman. Toinen vaihtoehto olisi ollut upottaa valaisin kaapiston rakenteeseen, mutta se olisi vienyt yläkaapeista säilytystilaa. Keittiön ja ruokailutilan välinen työtason valaistus onnistuu ainoastaan riippuvilla valaisimilla, joilla saadaan valo kohdennettua suoraan tasolle. Nämä valaisimet toimivat myös tilanjakajana kahden tilan välillä sekä tarjoilutasona, jossa tärkeää on myös hyvä värintoistokyky. Keittiön kattoon jätettiin varaus yleisvalolle.

Ruokailutilan valaistus oli yksinkertainen koska ehdoton vaatimus, että ruokapöydän päälle oli tultava kolme valaisinpistettä. Näihin ainakin alustavasti on suunniteltu ripustettavaksi kolmea pienikokoista asiakkaan valitsemaa riippuvalaisinta.

Kattoon tulee valaisinripustuskannet ripustettaville valaisimille, joita yhteensä 6 kappaletta. Näillä valaisimilla on suosituksena 8 W teho ja 806 lm valovirta. Asiakkaan toiveena on löytää työtilan valaisimiksi. Liitteessä 1 on kuvassa suunniteltu esimerkkivalaisimet ripustuskansiin asiakkaan toivomuksesta havainnollistamaan valaistusta.

Työtason alle tulee Alppiluxin VELOX led -nauha, ALS250FLEXD, joka on varustettu omalla muuntajalla ja asennuslistalla. led -nauhassa on mahdollisuus kiertää liesituuletin, jolloin saadaan yhtenäinen led-nauha koko työtason alle. Led-nauhan ottama teho on $9,6 \text{ W/m}^2$ ja valovirta on 490 lm/m^2 . Valaistuksen voimakkuus on suoraan verrannollinen nauhan pituuteen. Led-nauhojen pituudet on esitetty asuinkerroksen (1 -kerros) taso- ja sijoituspiirustuksessa (liite 5).



Kuva 5. Velox led -nauha ja Velox-asennuslista

Makuuhuone 1, 14 m²

Makuuhuoneeseen haluttiin yleisvalaistus, jota täydennettäisiin alasvaloilla. Tähän ratkaisuun oli paras vaihtoehto keskelle kattoa valalaisripustuskansi sekä asiakkaan toivomuksesta muutama alasvalo. Niiden valaistusteho suunniteltiin tilaan sopivaksi ja valaisimien rakenne mahdollistaa niiden suuntaamisen, mikäli tarvetta ilmenee. Koska huone sijoittuu rakennuksen pohjoispuolelle pitää tämä huomioida, koska auringon valoa ei tule sisätiloihin samassa määrin. Myös talousrakennus sekä asuinrakennuksen katos varjostavat huonetta jonkin verran.

Makuuhuoneeseen tulee kattoon valaisinripustuskansi ja valaistus-suunnitelman mukaisesti 4 kappaletta Artisan-Rinaldon CT-2115-alasvaloja, joissa on Osramin LED Star par16 -lamput 5 W tehoisina. (Kuva 4.)

Makuuhuone 2, 12,6 m²

Tämän makuu- tai työhuoneen valaistus poikkeaa toisesta makuuhuoneesta, sillä huone sijoittuu rakennuksen etelän puolelle. Tästä syystä myös auringon valoa pääsee huoneeseen eri tavalla, joten se vaikuttaa valaistukseen. Kattoon kuitenkin tulee valaistus ripustuskansi yleisvalolle. Ajatuksena oli lisätä kattoon samalla tavalla alasvalot kuin toiseen makuuhuoneeseen, mutta suunnittelussa jätettiin ikkunan puoleiset alasvalot pois. Nyt jäljelle jääneillä alasvaloilla voidaan tasata valaistusta silloin, kun ulkoa tulee valoa, mutta ei riittävästi koko huoneen valaisemiseksi. Tarvittaessa myös nämä alasvalot voidaan suunnata erikseen.

Makuuhuoneeseen tuli samankaltainen valaistus samoilla alasvaloilla kuin makuuhuone 1:ssä, mutta alasvaloja tulee 2 kappaletta kattoon ja valaisinripustuskansi keskelle makuuhuoneen kattoa.

Kodinhoituhuone, 8 m²

Kodinhoituhuoneen valaistuksen suunnittelussa lähtökohtana oli hyvä työvalaistus. Kuitenkin valaistuksen haluttiin oleva yhtenevä pesuhuoneen kanssa, joten vaihtoehdoksi muodostui alasvalot. Työtaso tarvitsi hyvän valaistuksen tekstiilien käsittelyä varten ja valaisimelle oli myös vaatimus, että se olisi huomiota herättämätön. Päädyttiin led-nauhaan, jollainen myös keittiössä on. Vaihtoehtona olisi ollut valaisimen upottaminen yläkaapistoon, mutta se olisi vienyt tarpeettomasti säilytystilaa sekä olisi vaatinut erikseen tehtävät kaapistot. Kokonaisuutena tavoitteena oli tasapainoinen ja käytännöllinen valaistus.

Kodinhoitohuoneen valaistus toteutettiin siten, että kattoon sijoitettiin Artisan-Rinaldon CT-2115 alasvalot, jotka varustetaan Osramin LED Star par16 -lampuilla 6 W:n tehoisina, jolloin saadaan enemmän yleisvalaistusta huoneeseen (kuva 4). Työtasolle yläkaappien alapintaan asennetaan Alppiluxin Velox LED-nauha asennuslistoineen (kuva 5).

WC, 4 m²

WC:n koosta johtuen valaistukseen ei juuri tarvinnut erikseen keskittyä. Pelkät seinävalot riittävät erinomaisesti riittävään valaistukseen. Asiakas halusi itse hankkia valaisimet, koska tähän tilaan sopivien valaisimien valikoima on suuri.

WC:n seinään tuli 2 kappaletta asiakkaan omaavalintaisia valaisimia. Näiden valaisimien tulee olla vähintään 5 W ja valovirralla 470 lm, jotta niistä saadaan tarvittava valaistus.

Eteinen, 9.6 m²

Eteisen valaistuksen lähtökohtana oli näyttävä sisääntulo, joka korostaa pääsisäänkäyntiä ja antaa vaikutelman siitä, että sisääntulija on tervetullut. Mikäli kaapistojen eteen tulee peiliovet, valaistus korostuu entisestään. Vaihtoehtona olisi ollut ollut yksi valopiste keskelle kattoa. Se ei olisi antanut samanlaista valaistustilannetta kuin nyt toteutettava valaistus. Nyt suunniteltua valaistusta mahdollisesti lisätään rakennusvaiheessa.

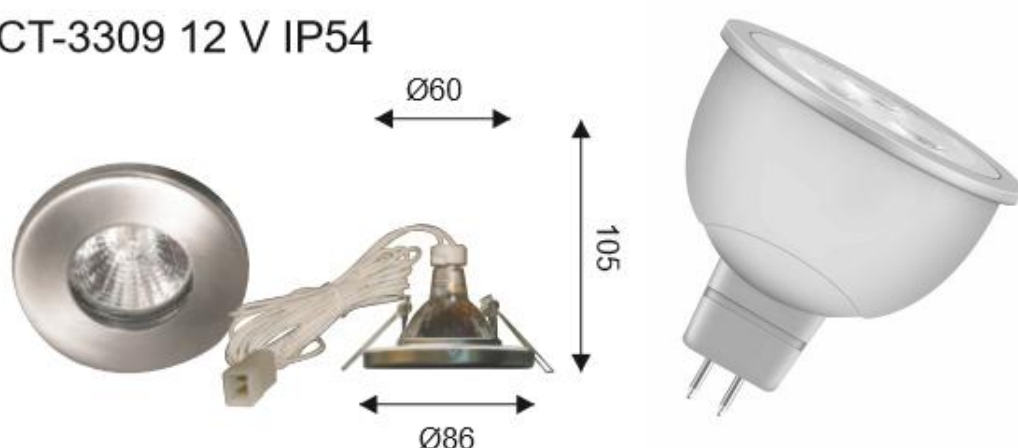
Eteiseen tuli 4 kappaletta kuvan 4 mukaisia RT-2115-alasvaloja, jotka varustettiin 5 W tehoisilla ja 350 lm valovirralla olevilla lampuilla. Näin saadaan eteiseen tasainen valaistus. Eteiseen on mahdollisesti tulossa peliliukuovia, jolloin valaistus korostuu enemmän.

Pesuhuone ja sauna, 9 m²

Pesuhuoneessa ja saunassa tavoitteena oli kotikylpylämainen valaistus, se pystytään toteuttamaan huomiota herättämättömillä alasvaloilla sekä saunan valokuiduilla. Valaisimet ovat astetta näyttävämmät rosteripintaiset alasvalot. Mikäli pesuhuoneeseen hankitaan kiiltäväpintaiset kaakelit tehostuu valon vaikutus huomattavasti. Saunan kuitu on tyypiltään sellainen, että sen käyttöä voidaan laajentaa niin haluttaessa. Näin voidaan saunaan luoda erilaisia efektejä luomaan tunnelmaa.

Pesuhuoneen tulee 4 kappaletta Artisan-Rinaldon CT-3309-alasvaloja, jotka ovat rosteripintaisia ja 12 V jännitteellä toimivia valaisimia (kuva 6). Valaisimet ovat suojausluokaltaan IP54. Valaisimet varustetaan Gu5.3-kantaisilla Osramin LED Star MR16 -lampuilla, jotka ovat vähintään 5 W:n tehoisia ja valovirraltaan 350 lm.

CT-3309 12 V IP54



Kuva 6. CT-3309-allasvalo ja LED Star MR16 -lamppu

Saunaan tulee Cariitti Oy:n led-valokuitu VPL30C-G211 (kuva 7), jonka prismat sijoitetaan kattoon asiakkaan osoittamaksi kuvioksi ja yksi prisma kiukaan päälle. Led-valokuidun projektori on varustettu RGBW led -tekniikalla, joka antaa mahdollisuuden toteuttaa ja ohjata värien vaihtumista. Projektori on suojausluokitukseltaan IP65, se on mahdollista sijoittaa tarvittaessa saunaan lauteiden alle. Projektorin valovirtaa ei ollut saatavilla, mutta se ei ole merkittävä, koska valokuitujen tuottama valovirta on tarkoitettu lähinnä tunnelman luontiin.



Kuva 7. VPL30C-G211-projektori

Tekninen tila 2 m² ja kellari 144 m²

Tekniseen tilaan luodaan perusvalaistus huoltotoimenpiteitä varten. Kellariin sijoittuu harraste- työ- ja varastotiloja sekä joitain talotekniikan vaatimia laitteistoja. Valaistus saatetaan tasolle, mikä riittää perusharrasteisiin kuten esimerkiksi kuntosaliin tai muuhun

vastaavaan. Valaistus riittää myös perustyöskentelyyn. Mikäli harrastetiloja tullaan käyttämään askarteluun tai muiden käsitöiden tekemisiin, joissa tarvitaan vaativaa ja voimakasta valaistusta, voidaan valaisimia lisätä ja valaistusta täydentää niiltä osin kuin on tarvetta. Alakertaan tulee myös WC-tila, johon tulee perusvalaistus

Tekniseen tilaan tuli 1 kappale Alppilux:in AVR254.111L-valaisin, joka on varustettu 11 W tehoisella led-moduulilla, joka antaa valaisimelle 750 lm valovirran.

Kellarin tilat kokonaisuudessaan valaistaan edellä mainitulla valaisimella, mutta lisäksi valaisimeen on AVL42-peiterengas. Kellariin tulee valaisimia yhteensä 8 kappaletta. Tarkoituksena oli luoda tiloihin monipuolinen valaistus, jolloin tilojen käyttötarkoitusta voidaan muuttaa ilman valaisimien vaihtoa.



Kuva 8. AVR254 ja AVL42

Autotalli ja varastot 68 m²

Varastoihin tulee normaalit yleisvalot, jotka takaavat turvalliset toiminnot huoneissa. Autotallin valaistus oli hieman haasteellisempaa, sillä sinne tarvittiin erittäin hyvätyövalaistus, mutta kuitenkin sitä rajoitti autotallin ovien aukeaminen. Autotalliin tulee nosto-ovet, jolloin auki ollessaan ne peittäisivät normaalin valaistuksen. Näin kyseeseen tuli ainoastaan valaisimien sijoitus autotallin seinustoille. Valaisimien määrä ja laatu kuitenkin riittävät antamaan tarvittavan valomäärän. Valaistusta lisättiin työpöytien päälle tulevilla putkivalaisimilla. Näin saatiin myös työtasojen vaatima korkea valaistustaso.

Autotalliin ja varastoihin sekä WC:hen tulee yleisvaloiksi AVR254.111L-valaisimet (kuva 8), joita on yhteensä 9 kappaletta. Lisäksi autotallin puolelle tulee työvaloiksi 2 kappaletta Havel's Sylvanian Deltawing LED51 EB 4K 1200 -valaisimia. Valaisimen ottama teho on

50 W ja se antaa 5144 lm valovirran. Työtasolle saadaan näin tarvittava määrä oikeanlaista valoa.



Kuva 9. Deltawing LED51

Ulkotilat

Esimerkkikohteen tontin kokonaispinta ala on suurehko $4\,214\text{ m}^2$. Keskimääräisesti pientalotonttien koot vaihtelevat taajama-alueilla 700 m^2 ja 1700 m^2 välillä riippuen alueiden yleiskaavoista. Tontin kokohan vaikuttaa myös rakennettavien kiinteistöjen koon. Samaten kaavamääräyksissä ja rakennusluvissa voi jopa joissain tapauksissa olla maininta siitä, kuinka paljon ympäristöön tuotetaan valosaastetta. Tulevaisuudessa varmasti tämä tulee yleistymään, koska valosaaste voi olla todella häiritsevää varsinkin haja-asutusalueilla tai kulttuurihistoriallisilla alueilla. Ulkoalueiden valaistussuunnittelu on esitetty asemapiirroksessa (liite 3) sekä Dialux-havannekuvana (liite 2)

Ulkotilojen valaistus on mallinnettu kolmiulotteiseksi Dialux-ohjelmistolla visuaalisen havainnoinnin maksimoimiseksi asiakkaan pyynnöstä. Ohjelmistolla saadaan kattava 3D-

havannekuva koko tontista ja tarvittaessa sitä voidaan myöhemmin täydentää pihasuunnitelman mukaiseksi. Valaistuksesta haluttiin sellainen, että se olisi riittävä kiinteistön omiin tarpeisiin, mutta se ei kuitenkaan saanut olla muulle ympäristölle häiritsevä. Valaistuksessa otettiin huomioon valosaasteen määrä ja se pyrittiin minimoimaan. Sisäänajotien valaiseminen pyrittiin tekemään tarvittavan niukaksi kuitenkin niin, että se olisi turvallinen kulkea. Valaistuksen suunnittelussa ei ollut tarvetta saada valotasoa samanaiseksi kuin julkisilla tieosuuksilla. Tarkoituksena oli, että hajavalot tuottaa pollarivalaisimista juurisen verran valotehoa, että se riittää kulkemiseen.

Julkisivuvalaistuksella pyrittiin korostamaan rakennusten ulkomuotoja sekä antamaan turvallisen valaistuksen kulkemiseen. Valaistuksen piti olla sellainen, että se sopii ympärillä olevaan perinnemaisemaan. Tämän vuoksi käytettiin neutraaleja valaisimia, mutta kuitenkin moderneja ulkomuodoiltaan. Kulkureitit valaistiin tehokkaasti sekä etu- ja takapihojen terassit. Takapihan terassille haluttiin luoda muutettava valaistus siten, että sen käyttö oli mahdollista mahdollisimman pitkään. Koska takapihalla ei ollut sellaista lippaa tai seinätilaa, joihin voitiin suunnitella tarpeellinen valaistus, niin päädyttiin ratkaisuun missä käytettiin pienikokoisia alasvaloja, jotka ovat suunnattavia sekä kolmea pylväsvaloa tehostamaan valaistusta luomaan miellyttävä oleskeluvalaistus. Alasvalojen suunnattavuudella saatiin estettyä valon tulo sisälle ja häikäisy. Alasvalot myös korostavat kadun suuntaan rakennuksen ulkomuotoa.

Kaikki pihavalaisimet ovat Alppiluxin Averia-sarjaa, koska haluttiin kaikkien pihavalaisimien noudattavan yhtenäistä tyyliä. Ainoa poikkeus tehtiin takaterassin puoleisissa valaisimissa, jotka sijoitettiin upotettuna räystääslaudoitukseen. Suurin haaste oli löytää valaisimille oikeanlaiset paikat, koska ikkunoiden eteen tulee liukumekanismilla olevat puuritolat, jotka voidaan tarvittaessa siirtää ikkunoiden eteen varjostamaan sisätiloja kuumimpina kesäaikoina. Normaalisti ne ovat siirrettynä ikkunoiden viereen.

Takaterassin kattoon sijoitetaan Lumiancen Inset Trend 75 swing IP44 -valaisimet, jotka varustetaan 8 W tehoisilla ja 460 lm valovirralla olevilla Gu10 -kantaisilla RefLED ES50 6,5W 3000K 450lm 36° -lampuilla. Koska räystäs on kalteva, niin valaisimen piti olla säädettävissä niin, että valo saadaan suunnattua suoraan alaspäin. Lisäksi valaisimen piti olla ulkokäyttöön soveltuva.



Kuva 10. Inset Trend 75 Swing -valaisin ja RefLED ES50 -lamppu

Pihapiirin muut valaisimet kuten seinävalaisimet ja pylväsvalaisimet tulevat olemaan Averia tuoteperheen valaisimia. Seinävalaisimet AVG03 mallisia E27-kannalla olevia ylöspäin olevia valkoisia valaisimia. Seinävalaisimia on sijoitettuna rakennusten seiniin sähkösuunnitelmien mukaisesti 12 kappaletta.

Lisäksi pihatien varteen on suunnitelmissa sijoitettu 3 kappaletta AVG01-pylväsvalaisimia. Ne antavat perusvalaistuksen pihatielle korostaen maaston muotoja. Valaisimet varustetaan 1200 mm korkuisilla pylväillä. Tontin sisäänajon kohdalle pylvääseen asennetaan vielä varaus numerovalolle myöhemmin asennettavaksi.

Valaisimiin on suunniteltu Osramin LIGHTIFY CLASSIC A60 -lamppu, jonka ottama teho on 10 W ja valovirta 810 lm.



Kuva 11. AVG01- ja AVG03-valaisimet sekä LIGHTIFY CLASSIC A60 retrofit-lamppu

5.3 Valaistuksen energiatehokkuus

Yhteenvedona valaistus- ja sähkösuunnittelusta käydään läpi lopputulos energiatehokkuuden näkökulmasta ja kuinka paljon uuden pientalon käyttämä energian kulutus on. Esimerkkikohteen tehon suhde alaan on 2 W/m^2 , kun se tutkimuksessa olleissa pientaloissa oli noin 16 W/m^2 ja sen jälkeen, kun valaistukset oli muutettu led-valaistukseksi, niin suhde oli 3 W/m^2 . Tästä jo voidaan huomata, että uudisrakennuksen valaistuksen energiatehokkuus on 50 % parempi kuin saneeratun valaistuksen. Mikäli mukaan otetaan valaistuksen ohjausautomaatiikkaa, niin säästö on vieläkin huomattavampaa.

Energiatehokkuuden suhdeluku kuvastaa hyvin sitä, kuinka paljon valon lähteiden energiatehokkuus on parantunut uusien led-valonlähteiden myötä. Esimerkkikohteen suhdeluku on parempi, koska jo alussa suunnittelun lähtökohtana oli led-lamput ja -valaisimet. Näin tehokkuuteen pystyttiin vaikuttamaan enemmän kuin jos saneerattaisiin vanha valaistus vaihtamalla valonlähde. Näin pystyttiin käyttämään energiankulutukseltaan pienempiä valaisimia. Samalla tavalla voitiin valaisimien sijoittelulla vaikuttaa heti valaistuksen voimakkuuteen, kun vanhan valaistuksen saneerauksessa valaisimien paikat pysyivät ennallaan.

Uuden ja saneerattavan kohteen valaisimia, vertailtaessa ne eroavat jonkin verran toisistaan. Uuteen kohteeseen on valittu valaisimia, jotka on jo valmistaja optimoinut valmiiksi led-valolähteelle. Osassa on integroitu valolähde, joten lähteen rikkouduttua joudutaan uusimaan koko valaisin. Saneerattavissa kohteissa on käytetty lamppuja, jotka suoraan käyvät vanhoihin valaisimiin poikkeuksena loisteputkivalaisimet, sillä niihin joutuu mahdollisesti tekemään pienimuotoisia muutoksia. Saneerattavien kohteiden valaisimien määrä ja valoteho on tarkoitettu pysymään samana. Lähtökohtana on saneerattavissa kohteissa ollut, että kuka tahansa ilman sen kummempaa sähköalan kokemusta voi saneerata vanhan valaistuksen uudenaikaiseen led-valaistukseen.

Verrokkikohteet on valittu niin, että jokaisessa kohteessa samanlaiset tilat on valaistu samalla tavalla pääsääntöisesti. Eroja tuli lähinnä spottien ja loistevalaisimien käytössä sekä uuden esimerkkikohteen led-valaistuksen osalta. Mutta lopputuloksen oikeellisuuden maksimoimiseksi on laskettu saneerattavien kohteiden valaistuksen keskiarvo. Tämä on ainoa tapa, jolla saadaan todellinen vertailu valaistuksen kohdalla. Kaikki pientalot ovat pääsääntöisesti suunniteltu yksilöllisesti, eivätkä ne ole verrattavissa suoraan

massatuotettuihin pientaloihin. Kuitenkin suurin osa pientalotuotannosta on juuri yksilöllistä suunnittelua asiakkaan toiveiden mukaisesti. Uudiskohteen led-valaisimet on valittu niin, että ne vastaisivat mahdollisimman tarkasti vanhemmilla lampputyypeillä valaistuja kohteista. Keskimääräisesti uudiskohteen ja saneerattavien kohteiden valaisimien määrät vastaavat täysin toisiaan.

Jos katsotaan kohteita valaisimien sijoittelun näkökohdasta, valaisimien sijoittelulla on suuri merkitys siihen, miten valaistus onnistuu. Esimerkkikohteessa valaisimet sijoitettiin niin, että ne mahdollisimman tehokkaasti ja tasaisesti valaisivat alueen, mikä oli tarkoitettukin. Valaisimia voidaan myös sijoittaa niin, että ne korostavat arkkitehtonisesti tärkeitä yksityiskohteita. Esimerkkitalossa sellaiseen ei ollut tarvetta, joten lähtökohta oli asumismukavuus ja energian säästö.

6 Yhteenveto ja pohdintaa

Tämä insinööritö tehtiin Veikkolan Sähköpalvelu Ky:lle tavoitteena tutkia vanhojen valaistusasennusten saneeraamista uudenaikaiseksi led-valaistukseksi. Työssä tutkittiin myös, miten energiatehokas valaistus saadaan suunniteltua uudisrakennettavaan pienkiinteistöön. Insinööritö toimii myös yrityksessä käsikirjana sekä koulutus- ja esittelymateriaalina kuinka suuri vaikutus on energiatehokkuudella sähkönkulutukseen ja kuinka suuria rahallisia säästöjä voidaan saavuttaa oikeanlaisella valaistuksella.

Koska energian kuluttajahintojen kohoaminen on viime aikoina aiheuttanut, että yhä useampi ihminen on alkanut miettimään; miten voisi säästää energian ja sähkön kulutuksessa. Kuitenkin tulevaisuudessa energiansäästö ja ympäristötekijät vaikuttavat monella eri tavalla energian hintaan. Paljolti myös vaikuttaa, miten tulevaisuudessa valmistetaan energiaa ja kuinka kauan uusiutumattomia energialähteitä käytetään energian tuotantoon. Merkittävä osa pienkiinteistöjen sähkönkulutuksesta Suomessa kuten myös muualla maailmassa aiheutuu valaistuksesta. Suositeltavaa on, että pyritäisiin käyttämään led-lamppuja ja -valaisimia kohteiden ja kiinteistöjen valaisemiseen sisä- ja ulkotiloissa. Led-valaisimilla voidaan toteuttaa arkkitehtonisesti pieniä ja huomaamattomia valaisimia. Valitettavasti vieläkin tällä hetkellä led-valaisimien yleistymistä rajoittaa hinta, sillä muilla lampuilla varustetut valaisimet ovat edelleen edullisempia.

Pientaloissa led-valaistusta käytetään hyvin paljon erilaisissa tilojen valaistuksessa yleisvaloina ja kohdevaloina. Myös erilaiset korostusvalaistukset ja led-nauhavalaisimet ovat yleistymässä nopeasti. Varsinkin led-nauhojen eri käyttökohteita on lähes rajattomasti. Niiden avulla voidaan valaista kulkureittejä ja portaikkoja, keittiön työtasoja, korostaa arkkitehtonisia ratkaisuja sekä viedä valoa ahtaisiin paikkoihin mihin ei normaalisti voi asentaa muita valaisimia. led-lamppujen käyttöä puoltaa myös niiden syttymiskyky ja päälle-pois-kytkentöjen määrä. Vanhoja valaisimia on hyvin yksinkertaista ja nopeaa muuttaa led-valaisimiksi vaihtamalla led-lamppu vanhan hehkulampun tilalle. Tällaisella ratkaisulla saadaan huomattavia energiasäästöjä kotitalouksissa. Hyvin suunniteltu valaistus pientaloissa säästää huomattavia määriä energiaa ja tekee kotiympäristöstä miellyttävän ja turvallisen paikan elää ja asua.

Valaistuksen muuttaminen perinteisestä hehku- ja halogeenivalaistuksesta led-valaistukseksi on yleisesti ottaen helppoa ja yksinkertaista. led-valaistuksen muutoksen vaikutusta on tutkittu tässä insinööriyössä niin, että on käytetty verrokkina kahtakymmentä pientaloa jotka ovat tyypillisen kokoisia peruspientaloja. Näiden kohteiden valaistustehot on laskettu ensin käyttäen hehku-, halogeeni- ja loistelamppuja tai -valaisimia.

Taulukossa 1 on esitetty tutkimuksessa käytettyjen kohteiden kokonaisalat, joissa on valaistus sekä teholaskelmat, missä on laskettu valaistuksen käyttämät kokonaistehot sekä W/m^2 -suhde alkuperäisellä valaistuksella ja uusitulla led-valaistuksella sekä laskettu vuosittainen energiamäärä kWh/a. Tästä voidaan jo selvästi huomata, että valaistustavan muutos vaikuttaa erittäin voimakkaasti kokonaistehoon sekä vuosittaiseen energian kulutukseen.

Keskimääräinen valaistuksen ottama energiamäärä tässä tutkimuksessa oli vanhalla valaistustavalla n. 2738 kWh/a ja led-teknologialla 529 kWh/a. joka tarkoittaa vuodessa 80,7 % energian säästöä valaistuksessa vuoden aikana, mikäli vanhat valaisimet vaihdettaisiin tai muutettaisiin led-valaisimiksi. Pientaloissa, joissa on jokin muu lämmitystapa kuin sähkölämmitys vanhan mallisilla lampuilla valaistuksen ottaman energiamäärän suuruus koko taloussähköstä on n. 37,1 % kun taas led -tekniikalla olevilla lampuilla n. 10,2 %. Vastaavasti pientaloissa joissa on sähkölämmitys, valaistuksen osuus taloussähköstä vanhan mallisilla lampuilla on noin 40 % ja led-Lampuilla n. 11,4 %. Tutkimuksessa kävi ilmi se, että käytännössä vanhojen lamppujen vaihtaminen uusiin led-lampuihin maksaa itsensä vuodessa takaisin. Tämä tietysti riippuu myös paljon siitä, miten ja kuinka kauan valoja pidetään vuorokaudessa päällä. Joka tapauksessa suurta hyötyä

tulee seuraavina vuosina, koska led-lamppujen käyttöikä alkaa olla tällä hetkellä jo suhteellisen pitkä. Helpoin tapa kuluttajille ja pientalojen omistajille on vaihtaa ainoastaan lamput koska tällöin ei välttämättä tarvitse hankkia sähköasentajaa työhön. Tämä koskee yleisimpiä lampunkantoja kuten esimerkiksi E27, E14, GU10, GU5.3, G9, G4 tms.

Tutkimuksessa selvisi, että jos päädytään lamppujen uusimiseen aiemmin rakennetuissa pientaloissa, lamppujen hinta kuoleentuu noin 2- 4 vuodessa riippuen siitä, minkä hintaisilla led-lampuilla vanhat korvataan. Mikäli koko valaisin vaihdetaan, hinta on huomattavasti suurempi jolloin ei saavuteta suuria kustannussäästöjä. Toki valaisimien rikkoutuessa kannattaa ehdottomasti ostaa led-valolähteelle optimoitu valaisin.

Lopputulos, joka tutkimuksessa saatiin, vastaa aika tarkasti energiatehokkuuksien keskiarvoa, koska otanta oli tarpeeksi suuri ja kattoi yleisimmät pientalojen kokonaisalat. Esimerkkisuunnitelmasta kävi hyvin selväksi se, että kun suunnittelun lähtökohdaksi otetaan energiatehokkuus, niin sillä voidaan saada energiankulutukseen merkittäviä säästöjä. Jos energiatehokkaaseen valaistukseen lisätään älykästä valaistuksen ohjausta, saadaan edelleen lisättyä säästöä. Kun heti suunnittelun alussa otetaan tavoitteeksi energiansäästö valaistuksen teho ja valovoima ei kärsi mainittavasti sähkönkulutuksen vähenemisen kustannuksella.

Jos tarkastellaan tutkimustulosta, niin siihen vaikuttavia virheitä tulee siinä, että ei pystytä tarkkaan määrittelemään valaistuksen päälläoloaikoja. Tähän vaikuttaa ihmisten käyttötottumukset ja säätilat joskin merkittävän vaikutus tulee juuri ihmisten käyttötottumuksista. Juuri käyttötottumusten muuttamisella saadaan myös merkittäviä sähkön kulutus-säästöjä. Myös tällä hetkellä saatavissa olevissa led-lampuissa ei ole vielä samoja valovirtoja kuin vanhoissa hehku- ja halogeenilampuissa. Taikaisinmaksuaikaan vaikuttaa jo huomattavasti enemmän eri mahdollisuuksia. Takaisinmaksuaikaa voidaan ainoastaan arvioida suurin piirtein, sillä led-lamppujen ja -valaisimien hintahaitari on suuri. Jopa samanmallisen tuotteen ostaminen eri kaupasta saattaa olla hintaeroltaan melkoinen. Myös eri tuotteiden laadulliset erot vaihtelevat voimakkaasti, joka vaikeuttaa myös vertailua. Tutkimuksessa pyrin minimoimaan laadullisen eron sillä, että jokaisessa tutkimuksessa käytetyssä kohteessa käytin laskennassa samoja led-lamppuja.

Esimerkkikohteen suunnittelussa olisi joissain paikoissa voinut käyttää loistevalaisimia, mikäli käyttö olisi siihen antanut mahdollisuuden. Asiakkaan toivomuksesta tällä kertaa käytettiin pelkästään led-lamppuja ja valaisimia, koska haluttiin valaisimien syttymisen

tapahtuvan ilman viivettä. Ulko- ja kylmätilojen valaistuksessa ei tullut kysymykseen loiste- tai energiasäästölamput, sillä niiden pakkasen kestävyys on erittäin huono sekä niiden valoteho hiipuu voimakkaasti pakkasen kiristyessä. Suunnittelun edetessä esiin nousi myös enemmän mahdollisuuksia led-nauhojen käyttöön, muun muassa portaitten askelmien valaisemiseen. Mietittiin jopa sellaista mahdollisuutta, että takapihan terassin räystäään alle olisi suunniteltu led-nauha. Tätä varten räystäääseen suunniteltiin pistorasiat tulevaisuutta ajatellen. Takapihan terassin kaiteisiin ajateltiin led-nauhavalaitusta, mutta se hylättiin koska katsoin, että liika valaistus on epämiellyttävää ja tuottaa ympäristöön tarpeetonta valosaastetta. Myös sauna oli erityisesti mietinnässä ja sen valaistus. Siinä tilassa olisi ollut monta erilaista tapaa toteuttaa valaistus ja tällä kertaa päädyttiin pelkästään kattoon asennettaviin valokuituihin ja prismoihin. Mahdollisesti suunnitelmat saattavat muuttua tältä osin niin, että lisänä tulee myös laudekuidut, joissa on kiukaan taakse menevä kuitu luomaan revontuliefektiä. Asiakkaan kanssa käytiin läpi myös Carriitti Oy:n erilaisia innovaatioita, esimerkiksi valaisevia pyyhekoukkuja ja pesualtaita, mutta ne jäivät tällä kertaa toteutumatta. Sisätiloja ajatellessa olisin korkeassa tilassa olohuoneen, keittiön ja ruokailutilan alueella olisin halunnut ehdottomasti käyttää kauttaaltaan suunnattavia alasvaloja kenttänä ja niin että ne olisivat olleet himmennettävissä. Asiakkaan toivomuksesta suunnittelin pelkistetyn valaistuksen, sillä he eivät halunneet valaistuksen himmentimiä tai alasvaloilla tehtävää kenttävalaistusta. He mieluummin täydentävät valaistusta sisustuksellisilla pöytävalaisimilla ja oikean valotehon omaavilla lampuilla. Toki nyt saavutettu valaistussuunnittelu on erittäin hyvä ja asiakkaat olivat siihen erittäin tyytyväisiä. Pientalokohteiden valaistuksen suunnittelu on pääsääntöisesti vapaampaa kuin suurempien kohteiden tai julkisten rakennusten. Tämä asettaa myös haasteita, sillä valaistussuunnittelijalle asetetaan erityisiä toiveita ja vaatimuksia luovaan suunnitteluun.

7 Loppusanat

Kokonaisuutena ajatellen tämä insinöörityö onnistui erittäin hyvin, kun ajatellaan tavoitteita. Tutkimustyö avasi hyvin tämänhetkistä tilannetta led-lamppujen ja valaisimien osalta. Samalla tavalla myös tutkimus antoi hyvän näkemyksen, miten led -teknologia on kehittynyt muutamassa vuodessa niin, että pienemmällä tehomäärällä saadaan entistä enemmän valotehoa valaisimista. Myös viimeaikaisten julkisuudessa olleiden keskustelujen myötä energiansäästö on tullut hyvin voimakkaasti esille ja ihmiset ovat hyvin kiin-

nostuneet siitä, miten ja kuinka paljon kuluttajat voivat säästää sähkön hinnassa pelkätään valaistuksella. Itselleni tämän insinööritöön tekeminen oli antoisaa, koska tutkimus, joka tähän työhön on tehty, oli itseäni kiinnostava ja halusin nimenomaan tutkia, paljon valaistuksen saneerauksella ja muutoksella voidaan pientaloissa säästää energiaa ja kuinka paljon se vaikuttaa rahallisesti sähkölaskuun.

Lähteet

- 1 Koti ja asuminen. Sähkönkulutus 2015. Verkkodokumentti. Motiva Oy.
<[http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/mihin_ene_LED-tuntemus: ammatillista osaamista rgiaa_kuluu/sahkonkulutus/](http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/mihin_ene_LED-tuntemus:_ammattillista_osaamista_rgiaa_kuluu/sahkonkulutus/)> Päivitetty 20.5.2015. Luettu 24.1.2016
- 2 Led tuntemus: Ammatillista osaamista. 2016. Verkkodokumentti. Osram Gmbh.
< http://www.osram.fi/osram_fi/uutiset--tiedot/led/ammattitietoa/index.jsp> Päivitetty 2016. Luettu 24.1.2016
- 3 Lampputieto: Halogeenilamppu. Verkkodokumentti. Motiva Oy.
<<http://www.lampputieto.fi/lamput/lampputyypit/halogeenilamppu/>> Luettu 24.1.2016
- 4 Direktiivit ja määräykset. Verkkodokumentti. Alppilux Oy. <<http://www.alppilux.fi/fi/direktiivit-ja-maaraykset/direktiivit-ja-maaraykset>> Luettu 24.1.2016
- 5 Airam studio ja OLED-valaisimet. Verkkodokumentti. Airam Electric Oy Ab.
<<http://www.airam.fi/kuluttajille/oled-valaisimet/>>. Luettu 24.1.2016
- 6 Pienet oled -paneelit, valtavat mahdollisuudet. 2016. Verkkodokumentti. Phillips Lighting Holding B.V. <<http://www.lighting.philips.fi/tuotteet/oled.html>> . Päivitetty 2016. Luettu 30.1.2016
- 7 Arvioi sähkönkulutuksesi. Verkkodokumentti. Energiapolar Oy.
<<https://www.energiapolar.fi/fi/Kotitaloudet/Tarjouslaskuri/Arvioi-sahkonkulutus>>. Luettu 30.1.2016
- 8 Sähkönkulutus omakotitalossa. Verkkodokumentti. 2011. Vattenfall Oy.
<<http://www.vattenfall.fi/fi/omakotitalo.htm>>. Päivitetty 2016. Luettu 2.2.2016
- 9 Kodin sähkönkulutus. Verkkodokumentti. Sähkönkulutus.fi <<http://www.sahkonkulutus.fi/?id=814>>. Luettu 2.2.2016
- 10 Fortum energiahinnasto. Verkkodokumentti 2016. Fortum Oyj <<https://www.fortum.fi/countries/fi/sahko/sahkosopimus/kesto-sopimus/Pages/default.aspx>> . Päivitetty 2.1.2016. Luettu 2.2.2016
- 11 Sähkönsiirron hinta. Verkkodokumentti 2015. Caruna Oy. <<https://www.caruna.fi/asiakaspalvelu/hinnastot-ja-sopimusehdot/sahkonsiirron-hinta>>. Luettu 2.2.2016
- 12 Asuntovalaisimet. Verkkodokumentti. Ensto Lighting Oy. <http://alppilux.pro-cus.fi/catalog/23450/Asuntovalaisimet_FIN1.html>. Luettu 2.2.2016

- 13 Lamput. Verkkodokumentti. 2016. Osram Gmbh. <http://www.osram.fi/osram_fi/tuotteet/led-teknologia/lamput/index.jsp>. Päivitetty 2016. Luettu.5.2.2016
- 14 Saunavalaistussarjat/VPL30C-G211. Verkkodokumentti. Cariitti Oy <<http://www.cariitti.fi/tuote/tiedot/vpl30c-g211>> . Luettu 24.2.2016
- 15 OLED-paneelit- Valaistuksen uusi sukupolvi. Verkkodokumentti. Arrantlight Oy. <http://pages.light.fi/oled-teknologia?gclid=Cj0KEQjwl-e4BRCwqeWkv8TWqOoBEiQAMocbP5WVaYHguFFKR1d_wUY4HadtMigwoyopc38TmVrxMYkaAh3-8P8HAQ>. Luettu 2.3.2016

ESIMERKKIKOHTTEEN KORKEAN TILAN VALAISTUS

Liitteessä on esitetty käytävän, olohuoneen, keittiön ja ruokailutilan valaistus havannekuvana.



ESIMERKKIKOHTTEEN PIHAPIIRIN VALAISTUS

Liitteessä on esitetty Ulkoalueiden ja pihapiirin valaistusolosuhde 3D -havannekuvana

Ulkoalueet etelään



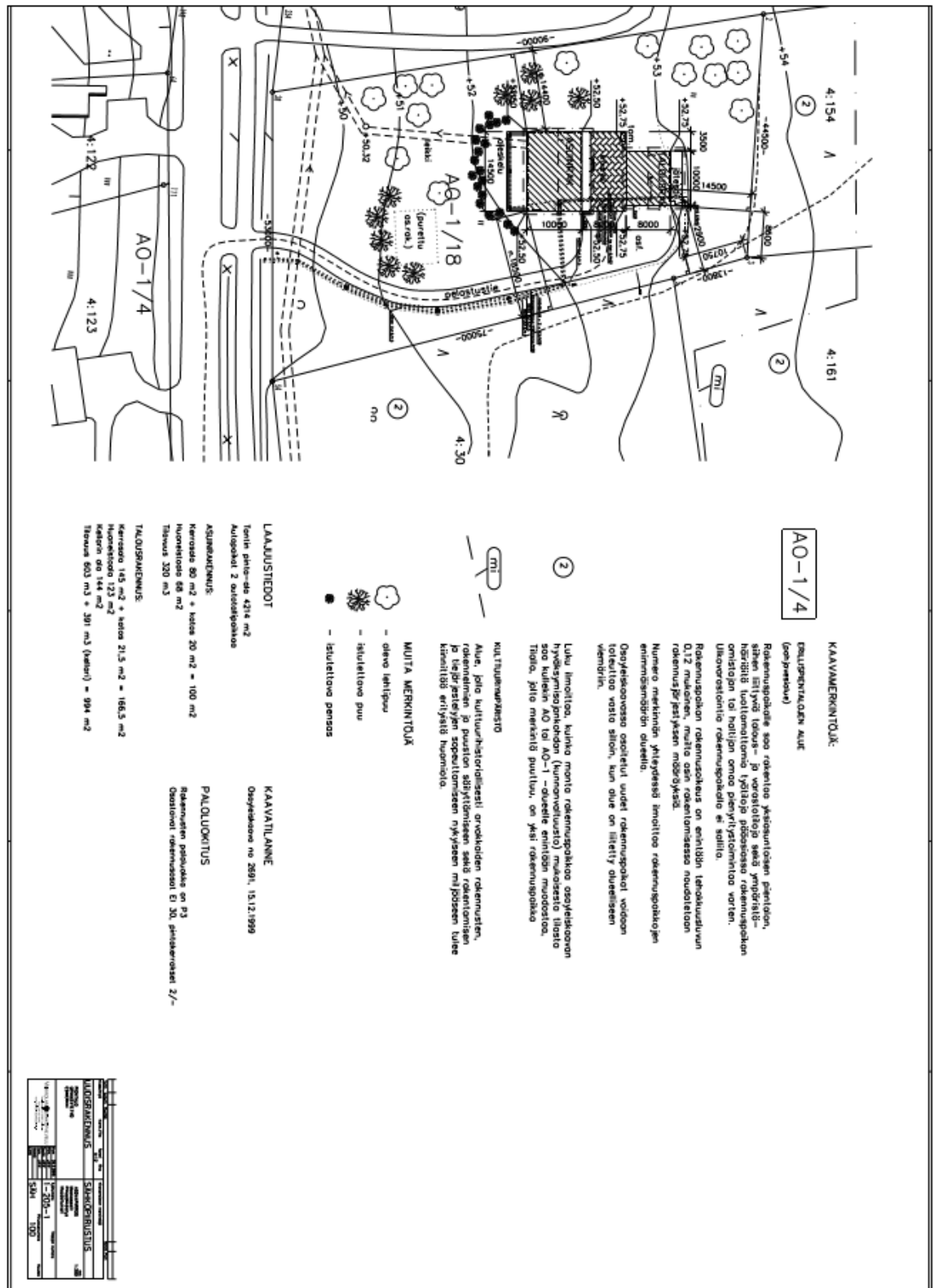
Ulkoalueet itään



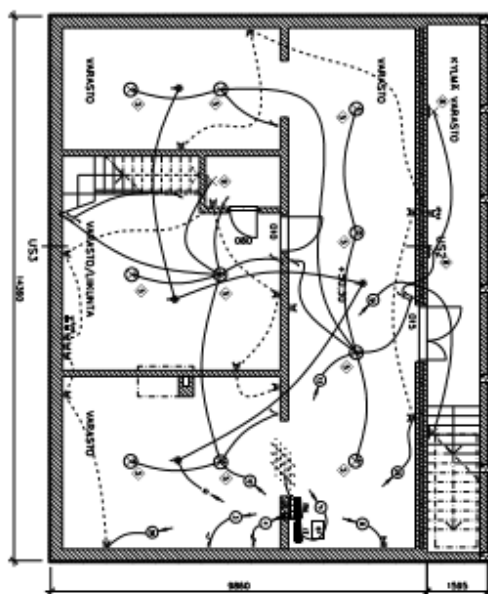
Ulkoalueet pohjoiseen



ESIMERKKIKOHTEN ASEMAPIIRUSTUS



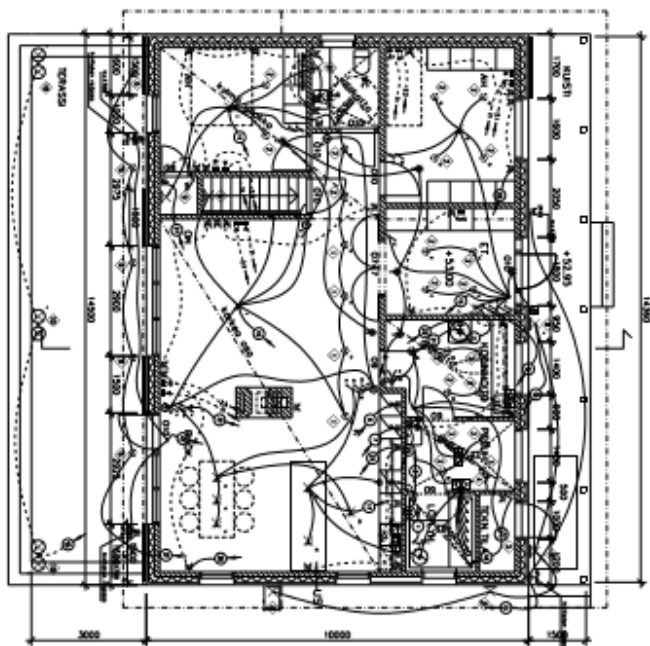
ESIMERKKIKOHTEN TASOPIIRUSTUS - KELLARIKERROS



KEROSELA 145 m² + kalon 72 m² = 167 m²
 HUONESTOLA 123 m²
 KELLAMIN ALA 144 m²
 TEAMUS 603 m² + 301 m² (kellari lammien osat) = 904 m²
 Rakennus vuokrataan kokonaisuutena 10 vuorokauden ajaksi

[illegible]

ESIMERKKIKOHTIEN TASOPIIRUSTUS – 1. KERROS


$$\text{KÖRÖSCALA } 145 \text{ m}^2 + \text{kolos } 22 \text{ m}^2 = 167 \text{ m}^2$$

123 m²

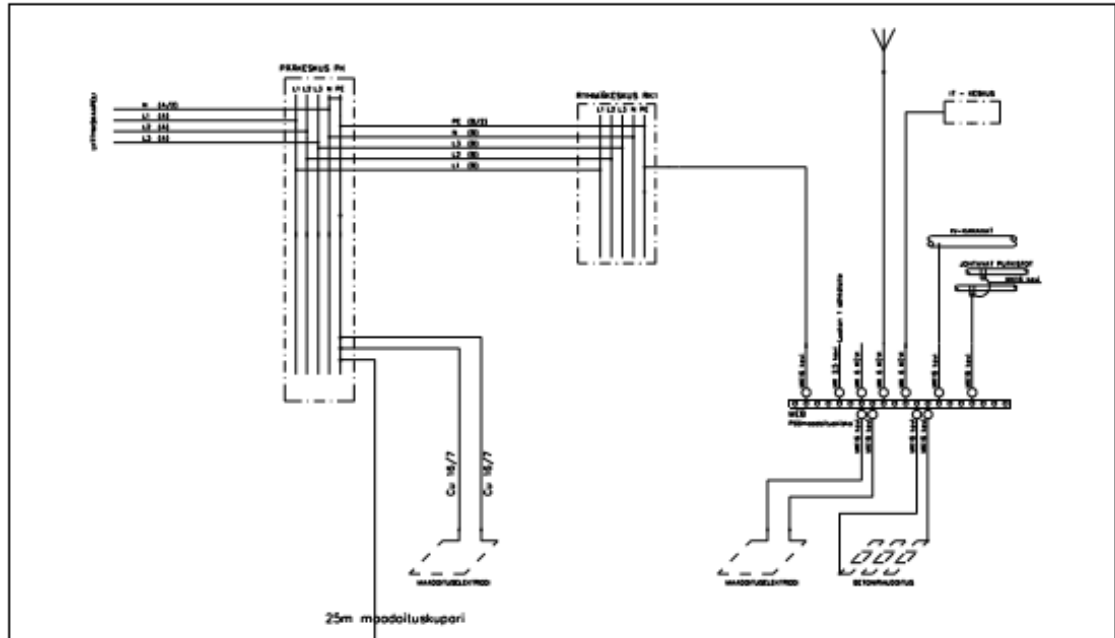
CELLULOSE ALA 144 m2

$$\text{TELAVUS } 603 \text{ m}^3 + 391 \text{ m}^3 (\text{ketarin formula ore}) = 994 \text{ m}^3$$

Regelungen vorzulegen, die die Einhaltung der Vorschriften gewährleisten.

[illegible]

ESIMERKKIKOHTEEN MAADOITUSKAAVIO



Maadoituselktori kiertää koko rakennuksen perustusten alla

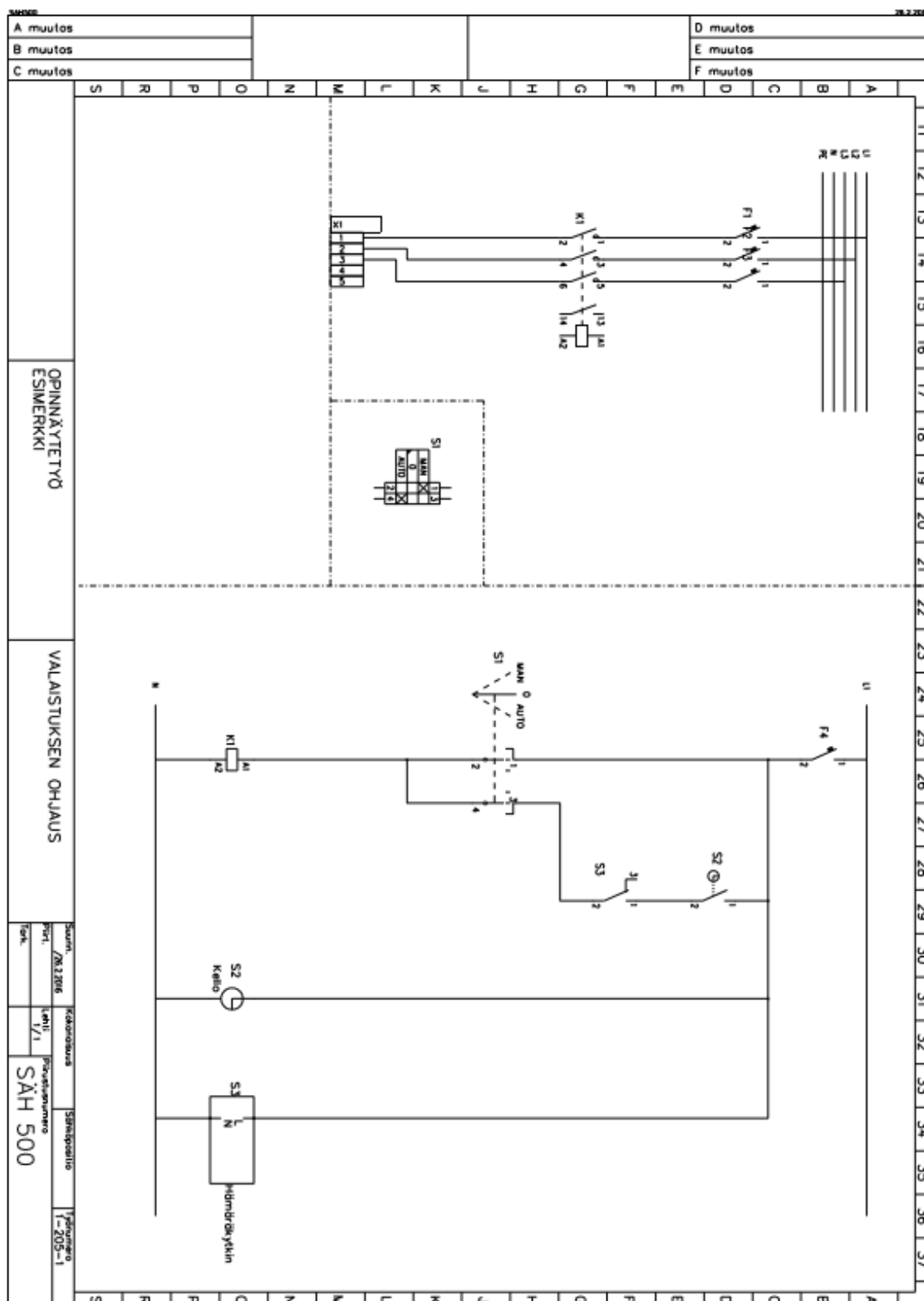
Tunn.	Lukum.	Muutos	Nimim.	Pvm
K.osa/Kylä	Kortti./Tila	Tontti Rno 4: 12	Viranomaisten merkintöjä	
UUDISRAKENNUS			SÄHKÖPIIRUSTUS	
PIENTALO OPINNÄYTETYÖ ESIMERKKI			MAADOITUSKAAVIO MK:	
VEIKKOLAN SÄHKÖPALVELU Tiedustelu 9.02880 Veikkola Puh. 050 997 6543 www.veikkolansahkopalvelu.fi		Pvm 26.2.2016	Työnumero	Tilauksen numero
		Piirt. JAV	1-205-1	
		Suunn. JAV		
		Tark. JAV	Piirustusnumero	Muutos
		Yht.hlö	SÄH	300
		Lehti		

ESIMERKKIKOHTEN RYHMÄKESKUSKAAVIO

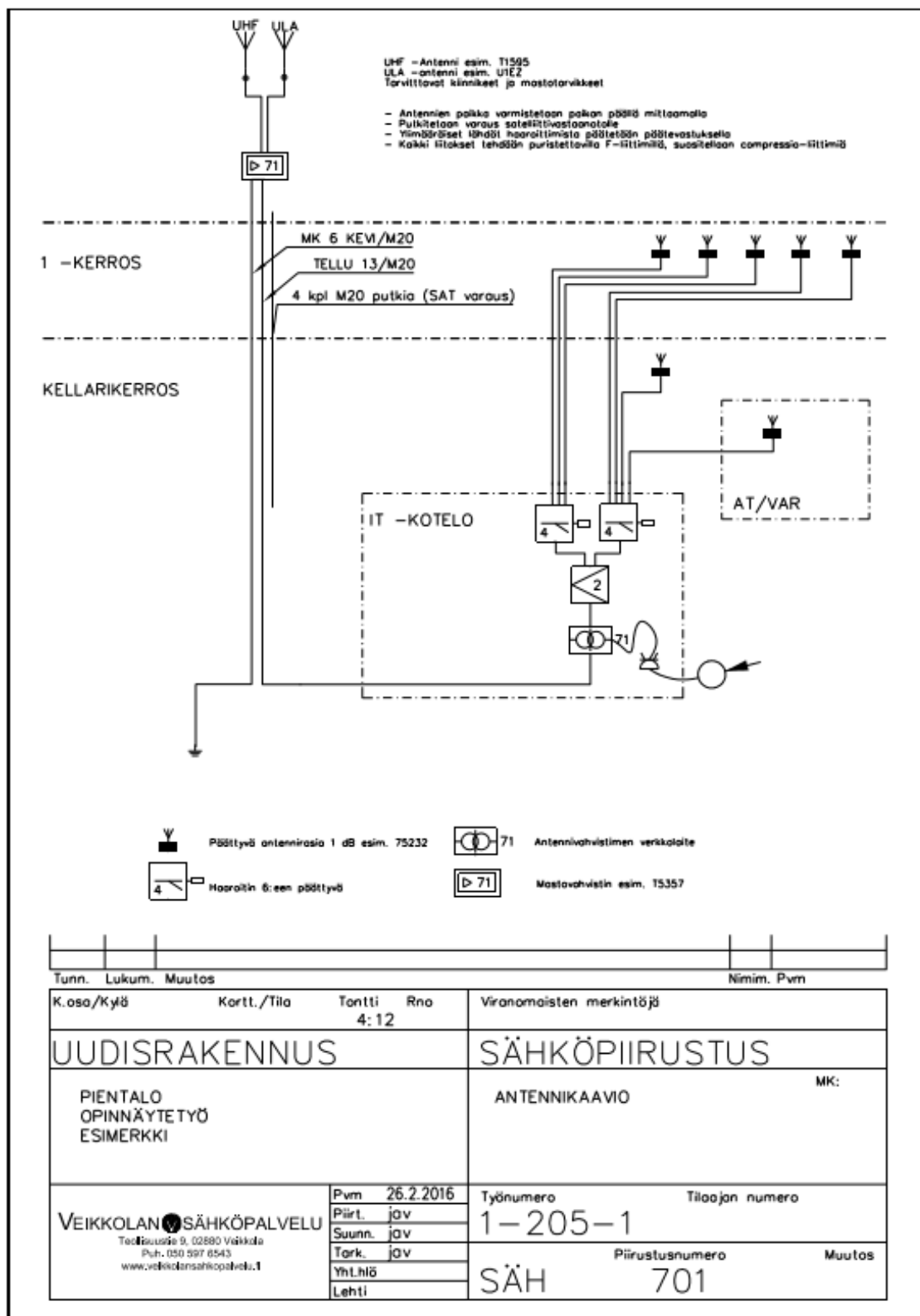
24H02																			26.2.2016							
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28							
		KESKUS							RYHMÄ	OSOITE				kW	A/A	JOHDOTUS										
D muutos E muutos F muutos										Päämaadoitus Perustuksen alla						CU 16/7				A						
										Lattian raudoitusverkon maadoitus						CU 16/7				B						
										IV- putkisto						MK 16 KEVI				C						
										IT -keskus						MK 6 KEVI				D						
										Antenni						MK 16 KEVI				E						
		KESKUKSEN ULKOPUOLELLA								Keskukseen maadoitus						MK 16 KEVI				F						
										Nausu PK:lta					25/35	MCMK 4x10/10				G						
										Ohjauskappeli PK:lta						MCMO 12x1,5				H						
																				J						
																				K						
									1	Kiuas					C16	7x MK 2,5				L						
									2	Liesi					B16	5x MK 2,5				M						
									3	Lämpöpumppu					B16	5x MK 2,5				N						
									4	LVV varaus					B16	5x MK 2,5				O						
									5	IT-Keskus pistorasiat, palok.					B10	MMJ 3x1,5 S				P						
									6	JK					B10	3x ML 1,5				R						
									7	PAK					B10	3x ML 1,5				S						
									8	IV-kone					B16	3x MK 2,5				T						
									9	Lämmityksen ohjaus + jakotukit					B10	4x ML 1,5				U						
									10	Valaistuksen ohjaus					B10	6x ML 1,5				V						
									10	Valaistuksen ohjaus					B10	6x ML 1,5				X						
									11	Kolono/poissa - ohjaus					B10	3x ML 1,5				Y						
									12	Valaistus varastot					B10	3x ML 1,5				Z						
									13	Valaistus varastot					B10	3x ML 1,5				1						
									14	Valaistus AH,WC					B10	3x ML 1,5				2						
									15	Valaistus AH,ET					B10	3x ML 1,5										
																										</

SÄH 402		26.2.2016																	
D muutos																			
E muutos																			
F muutos																			

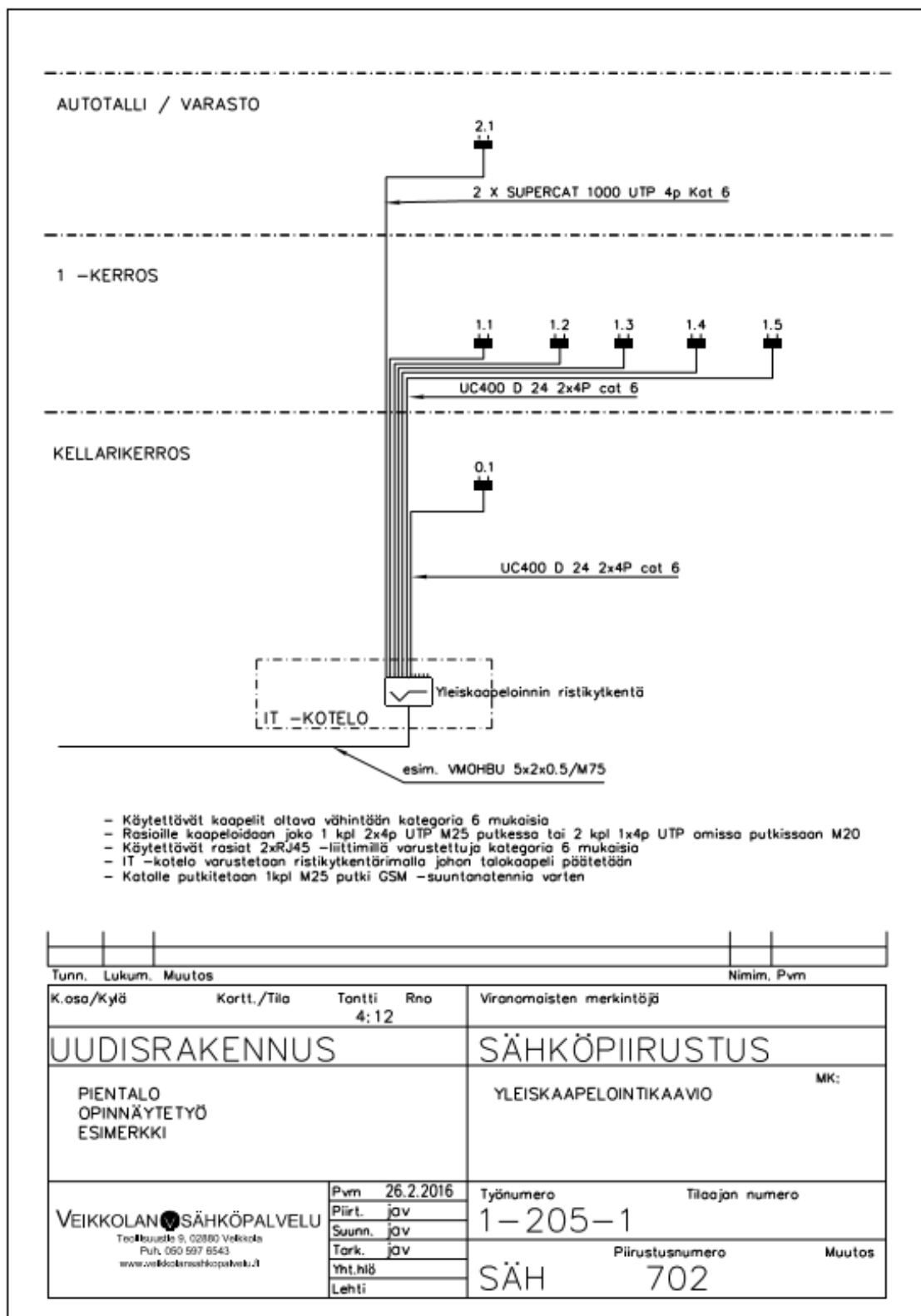
ESIMERKKIKOHTIEN VALAISTUKSEN OHJAUSKAAVIO



ESIMERKKIKOHTEEN ANTENNIKAAVIO



ESIMERKKIKOHTEEN YLEISKAPELOINTIKAAVIO



ESIMERKKIKOHTEN PALOILMOITINKAAVIO

